

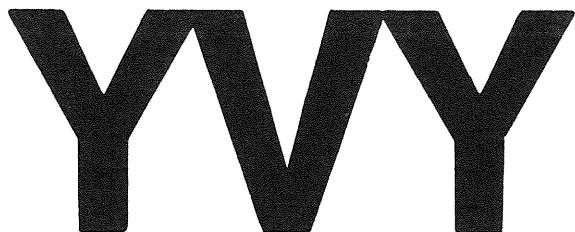
YVY

TUTKIMUS 32

Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa

yhdykskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1977



TUTKIMUS 32

Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa

KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN JA
VESIHALLITUKSEN PROJEKTI N:O 7536

INSINÖÖRITOIMISTO CORMET OY
MARTTI PULLIAINEN

yhdysskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1977

ISBN 951-9250-83-2
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY
Luotsikatu 4, 00160 H:KI 16
PAINO: 90-630 230
MYynti: 90-440 211/KIRJAKAUPPA
RUNEBERGINK. 14—16
(H:GIN KAUPPAKORKEAKOULU)
00100 Helsinki 10

ESIPUHE

YVY-projektin esitutkimuksessa EH-6 "Korroosio ja korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa", joka valmistui toukokuussa 1975, ehdotettiin jatkotutkimuksen käynnistämistä korroosionestosuosittelusten aikaansaamiseksi. Jatkotutkimuksen tavoitteena oli selvittää korroosio-olosuhteita erilaisilla jätevedenpuhdistamoilla sekä niitä toimia, joilla korroosio voitaisiin estää.

Tutkimus aloitettiin 1.12.1975 ja saatiin valmiiksi 31.1.1977. Tutkimuksen rahoittivat vesihallitus (YVY-määrärahasta) sekä kauppa- ja teollisuusministeriö. Tutkimuksen teki insinööritoimisto Cormet Oy, jossa tutkijana toimi dipl.ins. Martti Pulliainen ja vastuullisena projektin johtajana apul.prof. Seppo Yläsaari. Cormet Oy:n laboratoriotutkimuksista huolehti laboratorio-päällikkö Hannu Haahti. Cormet Oy:n vesihuoltoteknisenä asiantuntijana toimi prof. Matti Viitasaari. Jätevedenpuhdistamoilla tehdyissä tutkimuksissa avustivat vesipiirit ja puhdistamoiden käyttöhenkilökunta. Viimeksi mainittujen haastattelu muodosti osan tutkimusaineistoa.

Tutkimusta ohjasi ja valvoi seuraava valvontaryhmä:

pj. yli-ins. Hannu Laikari, vesihallitus
ins. Pentti Laakso, Maa ja Vesi Oy
dipl.ins. Arto Latvala, vesihallitus
dipl.ins. Toivo Ryhänen, Helsingin kaupungin rakennusvirasto
dipl.ins. Antti Soikkeli, Suomen Kaupunkiliitto
dipl.ins. Veli-Matti Tiainen, SITRA/YVY-projekti
dipl.ins. Eero Ylinen, Suunnittelukeskus Oy

Tutkimus vastaa hyvin sille asetettuja tavoitteita. Tosin suhteellisen lyhyestä tutkimusajasta johtuen joudutaan eräitä materiaalien syöpymiskokeita jatkamaan ja nyt saatuja tuloksia niiden perusteella tarkistamaan. Tämän tutkimusraportin ohella

II

julkaisee YVY-projekti laitosten suunnittelijoille, rakentajille ja käyttäjille tarkoitetun ohjekirjan "Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa". Tutkimuksessa kertynyt havaintoaineisto, koekappaleet, haastattelulomakkeet, yms. säilytetään Cormet Oy:ssä.

Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ESIPUHE	I
SISÄLLYSLUETTELO	III
TIIVISTELMÄ	V
ENGLISH SUMMARY	VII
 1. TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	 1
2. KORROOSIOKOKKEET	2
2.1 Koepuhdistamojen valinta	2
2.2 Koemateriaalin valinta	5
2.3 Korroosio-olosuhteiden määrittäminen	6
2.3.1 Ilmastorasitus	6
2.3.2 Upotus- ja roiskevesirasitus	6
2.4 Korroosio-olosuhteiden kesto-aika	7
2.5 Polarisaatiokäyrät	7
2.6 Korroosio-olosuhteiden analysointi	8
 3. PUHDISTAMOJEN KORROOSIONESTO	 12
3.1 Korroosio-olosuhteet	12
3.1.1 Korroosio-olosuhteet jätevedessä	12
3.1.1.1 Poikkeavat jätevedet	18
3.1.1.2 Prosessin kuluessa muuttuvat olosuhteet	18
3.1.2 Korroosio-olosuhteet puhdistamon ilmassa	19
3.2 Puhdistamon korroosio ja korroosionesto	22
3.2.1 Rakenneseikkoja	22
3.2.1.1 Upotus- ja roiskevesirasitus	22
3.2.1.2 Ilmastorasitus	22
3.2.2 Materiaalien valinta puhdistamoihin	27
3.2.2.1 Betoni	27
3.2.2.2 Puu	28
3.2.2.3 Valuraudat	28
3.2.2.4 Hiiliteräs	30
3.2.2.5 Ruostumattomat teräkset	30
3.2.2.6 Alumiini ja kevytmetallit	31

3.2.2.7	Kupari ja kuparilejeeringit	32
3.2.2.8	Muovit	33
3.2.2.9	Kumit	35
3.2.3	Pinnoitteiden valinta puhdistamoihin	36
3.2.3.1	Maalaukset	36
3.2.3.2	Metallipinnoitteet	37
3.2.3.3	Muut pinnoitteet	38
4.	KORROOSIONESTOSUOSITUSTEN LAATIMINEN	40
4.1	Korroosiotaulukot	40
4.1.1	Korroosiotaulukoissa esiintyvät materiaalit ja pintakäsittelyt	43
4.2	Materiaalien ja pintakäsittelyjen käyttösuositukset	45
5.	LOPPUPÄÄTELMÄ	46
	KIRJALLISUUSVIITTEET	49
	LIITTEET 1 - 11	

TIIVISTELMÄ

Tutkimus suoritettiin kirjallisuuden, haastattelujen ja korroosio-kokeiden avulla.

Haastatteluissa pyrittiin selvittämään sekä hyvin että huonosti korroosiota kestäviä ratkaisuja. Puhdistamojen ilmanvaihdon vaikutus korroosioon oli tärkeänä selvittämiskohteena. Päähuomio kiinnitettiin kylmäkatettujen puhdistamojen ilmanvaihdon riittävyyteen. Korroosiokokeet suoritettiin painohäviökokeina. Pinnoitteet arvosteltiin pinnoitteen tuhoutusmisarvona.

Toimintaperiaatteeltaan erilaisissa puhdistamoissa kestävät materiaalit ja pintakäsittelyt korroosiota eri tavalla. Myös puhdistamon paikka vaikuttaa korroosioon, esimerkiksi rannikolla tai teollisuusseudulla olevien puhdistamoiden ilmastokorroosio on suurempi kuin maaseudulla. Maaperän laatu vaikuttaa etenkin teräspuhdistamojen korroosioon maassa.

Korroosioneston suunnittelun ensimmäisenä tehtävänä on jäteveden syövyttävyyden ja puhdistamoilman korroosio-olosuhteiden selvittäminen. Jäteveden korroosio-olosuhteisiin vaikuttavat tulevan jäteveden laatu, saostuskemikaalit ja puhdistamon rakenteelliset seikat. Ilmastollista korroosiota voivat aiheuttaa ilman syövyttävyys, puhdistamon rakenteelliset seikat sekä prosessihäiriöt.

Korroosioneston suunnittelun pääosa tehdään teknisen suunnittelun yhteydessä ja toteutetaan rakentamisaikana. Korroosion estäminen ei kuitenkaan lopu tähän, vaan korroosionestoa suoritetaan jatkuvasti yhtenä kunnossapidon osatehtävänä. Ensiksi on määriteltävä ne korroosio-olosuhteet, joihin yksikkö käytössä joutuu. On pyrittävä valitsemaan kokonaiskustannuksiltaan, jotka muodostuvat investointi- ja kunnossapitokustannuksista, paras vaihtoehto yhdistämällä seuraavat muuttujat:

- korroosioympäristön lieventäminen,
- rakenteen valinta,
- materiaalin valinta,

- pintakäsittelyn valinta ja
- muun suojausmenetelmän valinta.

Rakennustyön valvojalla on oltava tarkat ohjeet rakennusajan korroosionestotoimista. Rakennusaikana sovellettavien korroosionesto-ohjeiden lisäksi on myös valvottava, että työ tehdään niin kuin se on suunniteltu. Muuten korroosionestoon varatut rahat saattavat mennä hukkaan.

Korroosiovaurioita voidaan tehokkaasti vähentää seuraamalla korroosion kehitystä ja puuttumalla tilanteen kulkuun siinä vaiheessa, kun korroosiovaurioiden vaara on odotettavissa. Tilanne on hallittavissa määräaikaistarkastusten ja -huoltojen avulla. Kaikkia kohteita ei tietenkään kannata tarkastaa ja huoltaa joka kerralla, vaan yksikön tarkastus- ja huoltoperiodi on määrättävä kunnossapito-ohjeissa erikseen sen mukaan, miten nopeaa mahdollinen korroosio voi olla ja miten kriittisessä paikassa yksikkö prosessin toimimisen kannalta on.

Tutkimuksen tuloksena on laadittu korroosionestosuositukset rakenteiden, materiaalien ja pinnoitteiden valinnasta erityyppisissä jätevedenpuhdistamoissa.

Korroosionestosuositusten tarkastaminen tulisi suorittaa kahden vuoden kuluessa, jotta suositusten mahdolliset virheet voitaisiin korjata. Perustaksi suositusten täydentämiselle ja korjauksille jatketaan mm. korroosiokokeita puhdistamoilla.

ENGLISH SUMMARY

Prevention of corrosion at sewage treatment plants

The study was carried out by means of a literature study, interviews and corrosion tests.

The interviews aimed at finding out solutions both resistant and susceptible to corrosion. The effect of the ventilation of treatment plants on corrosion was an important object of investigations. Main attention was paid to the sufficiency of ventilation at cold-covered treatment plants. Corrosion tests were performed on the loss of weight principle. Coating agents were rated by determining specific deterioration values for coatings.

At treatment plants with different operational principles the resistance of materials and coatings to corrosion varies. The location of the plant also influences corrosion: in coastal and industrial regions, for instance, climate-based corrosion is greater than in rural areas. The corrosion in earth of steel-built plants in particular is further affected by the type of ground soil.

The first task in planning the prevention of corrosion is to find out the corrosiveness of the sewage concerned and the conditions in regard to corrosion created by the air in the plant. The corrosiveness of sewage is determined by the quality of waste water taken in, by precipitation agents and by constructional matters related to the facilities. Climate-based corrosion may be due to the corrosiveness of air, to questions connected with the construction of the plant or to disturbances in processes.

Mainly the prevention of corrosion is planned in connection with overall technical planning and carried into effect when constructing the plant. This however is not all, but corrosion prevention is continuously done as one of the tasks of maintenance. First the conditions in regard to corrosion under which the unit is to

be operated have to be determined. Then the best solution in regard to total costs, consisting of investments and maintenance, must be sought by combining the following variables:

- moderation of the corrosion environment,
- choice of structures,
- choice of materials,
- choice of coating, and
- choice of other means of protection.

The supervisor of the construction work must have detailed instructions on the measures to be taken during the construction period for corrosion prevention. Besides instructions to be applied during construction for the prevention of corrosion, it also must be secured that the work is done as it was planned. Otherwise the money spent for the prevention of corrosion may be lost.

Defects due to corrosion can be efficiently reduced by following the development of corrosion and by interfering with the situation in a stage where corrosion defects are expected to appear. This may be carried out by means of periodic inspection and maintenance. Of course it does not pay to inspect and possibly repair every detail at each time, but specific instructions for maintenance periods must be drawn up for each unit according to its susceptibility to faster or slower corrosion and the criticalness of its position in regard to the operation of the process.

On the basis of the study, recommendations on the selection of structures, materials and coatings at different types of treatment plants have been drawn up.

These recommendations should be reviewed within two years to correct the eventual faults contained. Corrosion tests are now continued at various plants in this purpose, to form basis to the complementation and eventual revision of the recommendations.

1. TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimus koostuu kolmesta osasta: kirjallisuustutkimuksesta, haastattelujen suorittamisesta ja korroosiokokeista. Korroosio-ongelmia on käsitelty kohdassa 3 ja samalla on otettu huomioon tutkimuksen muut osat.

Jätevedenpuhdistamojen korroosiota käsittelevää kirjallisuutta on niukasti saatavissa. Nekin artikkelit, jotka näitä asioita koskettelevat, ovat suurimmaksi osaksi yleisluontoisia tai liittyvät lähinnä teollisuusjätevesien erikoisongelmiin.

Kirjallisuutta haettiin mm. Helsingin teknillisen korkeakoulun kirjaston tietokonepäättteen avulla. Saadut kirjallisuusviitteet on arkistoituna Cormet Oy:ssä.

Haastatteluja suoritettiin kaikkiaan 30 puhdistamossa, joista oli kattamattomia tai pääasiallisesti kattamattomia 10, kylmäkatettuja 11, lämpöeristettyjä ja lämmitettyjä 6 sekä luolapuhdistamoja 3. Lisäksi käytettiin hyväksi esitutkimuksen haastatteluja, joita oli tehty yhteensä 34 puhdistamossa. Näistä oli tässä projektissa mukana 12.

Puhdistamot pyrittiin valitsemaan eri tyypeistä huomioon ottaen myös eri saostuskemikaalien lisäykset. Nimenomaan kylmäkatettujen puhdistamojen ilmastollisen korroosion kartoittamiseksi valittiin haastateltavaksi puhdistamoja eri puolelta Suomea. Merkitseviä maantieteellisiä eroja ei korroosionopeuksissa kuitenkaan voitu havaita. Liitteessä 1 on eritelty haastatellut puhdistamot katteen ja toimintatavan mukaan vesipiireittäin.

Haastattelut suoritettiin kesällä 1976. Niissä saadut tiedot on arkistoitu Cormet Oy:öön.

2. KORROOSIOKOKKEET

Korroosiokokeilla pyrittiin ratkaisemaan eri metallien ja pinnoitteiden korroosionkestävyydet puhdistamo-olosuhteissa. Koepaikat puhdistamoissa valittiin seuraavasti:

- a) Ilmastokorroosion kokeet haluttiin tehdä paikassa, jossa puhdistamon allastilojen korroosio-olosuhteet olivat ankarimmat. Sen vuoksi koekappaleet sijoitettiin useimmiten ilmastusaltaan yläpuolelle.
- b) Biologis-kemiallisissa puhdistamoissa valittiin toiseksi koepaikaksi upotus ilmastusaltaaseen. Kemiallisissa puhdistamoissa ilmastusaltaan sijalle otettiin kemikaalien sekoitus- tai flokkausallas.
- c) Upotus jälkiselkeytysaltaaseen.

Korroosiokokeiden aikana mitattiin metallin ja jäteveden välisen potentiaalin kehittymistä ajan funktiona. Laboratoriossa ajettiin lisäksi eri metallien polarisaatiokäyriä.

Vertailemalla polarisaatiokäyriä ja lepopotentiaaleja keskenään voidaan metallin korroosio-ominaisuudet jätevedessä määrittää melko tarkasti.

2.1 Koepuhdistamojen valinta

Koepuhdistamoiksi pyrittiin valitsemaan toimintatavoiltaan erityyppisiä ja ilmastokorroosiota ajatellen eri tavalla katettuja puhdistamoja. Kylmäkatettuja puhdistamoja otettiin mukaan eri puolelta Suomea ilmastokorroosion maantieteellisen riippuvuuden selvittämiseksi.

Koepuhdistamoiksi valittiin taulukossa 1 luetellut 13 puhdistamo.

Taulukko 1. Koepuhdistamot.

Puhdistamojen biologisissa osissa suoritettut korroosiokokeet.

Puhdistamo	Toimintatyyppi	Kattaminen	Koepaikat (upotusrasituksessa on upotussyvyys n. 40 cm, ellei toisin mainita)
Helsinki, Tali	rinnakkaissaostus	kattamaton	a) ilmastusaltaan yläpuolella 1,5 m b) ilmastusaltaan keskivaiheella c) selkeytsaltaan keskellä d) selkeytsaltaan pohjassa, n. 12 m:n syvyydessä
Kuopio, Lehtoniemi	rinnakkaissaostus	kattamaton	a) ilmastusaltaan yläpuolella 1 m b) ilmastusaltaassa lähellä esi- selkeytettyä jäteveden syöttöä c) selkeytsaltaan keskivaiheella
Tammisaari	rinnakkaissaostus	kylmäkatettu	a) 3 - 4 m ilmastusaltaan ylä- puolella b) ilmastusaltaassa lähellä esi- selkeytetyn jäteveden syöttöä c) selkeytsaltaan reunassa, al- taan pituussuunnassa keskellä (koe jatkuu)
Kaustinen	rinnakkaissaostus	kylmäkatettu	a) ilmastusaltaan yläpuolella n. 3 - 4 m b) ilmastusaltaan keskellä c) liikkuu sillan mukana selkey- tsaltaassa
Honkajoki	jälkisaostus	kylmäkatettu	a) ilmastusaltaan yläpuolella n. 3 - 4 m b) ilmastusaltaassa lähellä jäte- veden syöttöä
Kuusamo	rinnakkaissaostus	kylmäkatettu	a) selkeytsaltaan yläpuolella n. 3 - 4 m (koe jatkuu) b) ilmastusaltaan keskellä c) selkeytsaltaassa, liikkuu sillan mukana (koe jatkuu)
Lapua	rinnakkaissaostus	lämpöeristet- ty ja läm- mitetty	a) ilmastusaltaan yläpuolella 3 m b) ilmastusaltaassa ilmastus- putkien yläpuolella c) liikkuu sillan mukana sel- keytsaltaassa
Vihti	jälkisaostus	lämpöeristet- ty ja läm- mitetty	a) ilmastusaltaan yläpuolella n.3 m b) ilmastusaltaassa ilmastus- putken yläpuolella

Taulukko 1. (jatk.)

Puhdistamo	Toimintatyyppi	Kattaminen	Koepaikat (upotusrasituksessa on upotussyvyys n. 40 cm, ellei toisin mainita)
Nurmijärvi, Klaukkala	rinnakkaissaostus	luola	a) ilmastusaltaan yläpuolella n. 3 m b) ilmastusaltaassa ilmastusputken yläpuolella c) selkeytysaltaassa lähellä ylivuotokourua
Lahti, Kariniemi	rinnakkaissaostus	luola	a) ilmastusaltaan yläpuolella n. 5 - 6 m b) ilmastusaltaan pinnassa ilmastusputkien yläpuolella c) selkeytysaltaan lopussa lähellä ylivuotokourua
Raisio	rinnakkaissaostus	luola	a) esi-ilmastusaltaan yläpuolella 2 m b) esi-ilmastusaltaan lopussa n. 10 cm syvällä c) selkeytysaltaan lopussa ylivuotokourun lähellä

Puhdistamojen kemiallisissa osissa suoritettut kokeet.

Puhdistamo	Toimintatyyppi	Kattaminen	Koepaikat (upotusrasituksessa on upotussyvyys n. 40 cm, ellei toisin mainita)
Nokia	suorasaostus	kattamaton	b) kiertää hämmennysaltaassa c) kiertää sillan mukana selkeytysaltaassa
Honkajoki	jälkisaostus	kylmäkatettu	c) Al-flokkausaltaassa
Vihti	jälkisaostus	lämpöeristetty ja lämmitetty	c) Al-flokkausaltaassa
Porvoo	suorasaostus	lämpöeristetty ja lämmitetty	a) selkeytysaltaan yläpuolella 3 - 4 m b) liikkuu sillan mukana selkeytysaltaassa

2.2 Koemateriaalin valinta

Koemateriaaliksi valittiin pääasiassa niitä materiaaleja ja pintakäsittelyjä, joita puhdistamoissa nykyisin käytetään. Lisäksi otettiin koeohjelmaan edellisiä materiaaleja paremmin korroosiota kestäviä laatuja.

Korroosiokokeissa käytetyt materiaalit ja pinnoitteet olivat:

Metallit: Hiiliteräs Fe 37

Suomugrafiittivalurauta GRS 200

Pallografiittivalurauta GRP 400

Perliittinen pallografiittivalurauta GRP 700

Imacro-teräs Cr 4.5

Ruostumaton teräs SIS 2333

Ruostumaton teräs SIS 2343

Kupari K2

Messinki Ms 162

Tinapronssi Tpl0

Punametalli Pml02

Alumiini Al99

Maalipinnoitteet:

Kokeissa käytettiin seuraavia Teknos-Maalit Oy:n maaliyhdistelmiä:

a) metallien maalaukset

- upotusrasitukseen

epoksiyhdistelmä K6b, 260 μm , vastaa Ep250 PSK 1720

liuotteeton epoksiyhdistelmä K31, 500 μm , vastaa E500 PSK 1719

- ilmastorasitukseen

epoksiyhdistelmä K17, 180 μm , vastaa E150 PSK 1717

epoksiyhdistelmä K6d, 240 μm , vastaa Ep250 PSK 1720

kuumasinkitys + K17b, 180 μm

kuumasinkitys + K6c, 240 μm

- b) asbestibetonin maalaus
 - upotusrasitukseen
 - epoksiyhdistelmä K6b, 260 µm

Metalliset pinnoitteet:

- kuumasinkitys 30 µm
- kovakromaus 30 µm
- anodisoitu alumiini 20 µm

Muut:

- muovipinnoitettu ja sinkitty rakennusteräslevy, laadut Kynar 50/50 ja Organosol
- PEL-muoviputkella päällystetty kupariputki

2.3 Korroosio-olosuhteiden määrittäminen

2.3.1 Ilmastorasitus

Ilmastolliseen korroosioon vaikuttavat suhteellinen kosteus, lämpötila ja syövyttävät kaasut. Korroosio-kokeiden aikana rekisteröitiin viikottain minimi- ja maksimilämpötilat, suhteellinen kosteus sekä lämpötila kosteuden mittaushetkellä. Esimerkkinä niistä on otettu Tammisaaren puhdistamon käyrät liitteeksi 2. Muut käyrät ovat haluttaessa saatavissa Cormet Oy:stä tai SITRasta.

Rikkivety- ja klooripitoisuuksia ei onnistuttu mittaamaan, koska prosessin toimiessa moitteettomasti ei niitä pääse nousemaan ilmaan mitattavia määriä. Ammoniakin mittaamiseen tarkoitettuja kannettavia laitteita ei löydetty.

Tarkemmin ilmastokorroosiota on käsitelty kohdassa 3.1.2.

2.3.2 Upotus- ja roiskevesirasitus

Koepuhdistamojen jätevesistä on analysoitu eniten korroosioon vaikuttavat jäteveden komponentit, jotka on esitetty liitteessä 3. Kloridin ja kokonaisrikin määritykset on tehty Cormet Oy:n labora-

toriossa, muut arvot on saatu haastatteluista. Lähemmin jäteveden syövyttävyyteen vaikuttaviin seikkoihin perehdytään kohdassa 3.1.1.

2.4 Korroosiokokeiden kesto aika

Korroosiokokeet aloitettiin puhdistamoissa 10.3. - 26.4.1976 ja lopetettiin 17.9. - 25.11.1976. Korroosiokokeiden pituudeksi tuli näin ollen 6 - 7 kk.

Maalausten osalta koe aika jäi kuitenkin liian lyhyeksi; siksi puhdistamoihin jätettiin maalaukset paikoilleen myöhempää seuraamista varten. Lisäksi ilmastorasitukseen jätettiin muovipinnoitetut ja sinkityt rakennusteräslevyt, kuumasinkitty teräslevy, muovipinnoitettu kupariputki ja anodisoitu alumiiniprofiili sekä alumiini-levy joihinkin puhdistamoihin. Kuusamon ja Tammisaaren puhdistamojen selkeytysaltaisiin jätettiin kaikki koekappaleet, jotta voitaisiin seurata korroosion kehittymistä pitemmällä aikavälillä.

Kuudessa puhdistamossa on pyydetty kirjaamaan minimi- ja maksimi-lämpötilat sekä suhteellinen kosteus kerran viikossa, jotta saataisiin ympärivuotinen lämpötila- ja kosteusprofiili puhdistamo-ilmasta.

2.5 Polarisaatiokäyrät

13 eri metallin polarisaatiokäyrät ajettiin Talin jätevedessä. Nämä metallit olivat: hiiliteräs Fe 37; valuraudat GRS 200, GRP 400, GRP 700; ruostumattomat teräkset SIS 2333 ja SIS 2343; messingit Ms 158 ja Ms 162; tinapronssi Tpl0, punametalli Pml02; alumiinit Al99 ja AlMg2.5; anodisinkki.

Lisäksi ruostumattomien terästen SIS 2333, SIS 2352, SIS 2343 ja SIS 2353 polarisaatiokäyrät ajettiin Lapuan jätevedessä, joka on huomattavasti syövyttävämpää kuin Talin vesi (ks. taulukko 2).

Polarisaatio- eli potentiaa livirtakäyrästä voidaan päätellä metallien keskinäinen jalousjärjestys, sekä passivoituuko metalli ky-

seisissä olosuhteissa vai ei.

Taulukko 2. Analyysit tärkeimmistä korroosioon vaikuttavista komponenteista Talin ja Lapuan jätevesissä.

	pH	Johtokyky/mS/m	Kloridipit./ppm	Kokonaisrikkipit./ppm
Tali	6,8	77,4	65	70
Lapua	6,6	235	575	48

Haponkestävän teräksen SIS 2343 polarisaatiokäyrät Talin ja Lapuan jätevedessä on otettu liitteeksi 4. Näistä havaitaan, että Lapuan vedessä ovat virrantiheydet samalla potentiaalilla suuremmat kuin Talin vedessä. Muut polarisaatiokäyrät on arkistoituna Cormet Oy:ssä.

2.6 Korroosiokokeiden analysointi

Metallien korroosio-ominaisuuksien arvostelemiseen on käytetty painohäviöstä laskettua syöpymisnopeutta $\mu\text{m}/\text{v}$, korroosion laadun tarkkailua ja lepopotentiaalien mittauksia.

Painohäviöiden saamiseksi on koekappaleet puhdistettu ASTM:n /1/ standardin mukaan. Samassa standardissa on johdettu Faradayn laista kaava syöpymisnopeudelle:

$$v = \frac{8,76 \times 10^7 \times W}{A \times T \times D}, \quad (1)$$

jossa v on syöpymisnopeus ($\mu\text{m}/\text{v}$)

W on painohäviö (g), 1 mg:n tarkkuudella

A on ala (cm^2), 0,01 cm^2 :n tarkkuudella

T on koeaika (h), 0,01 h:n tarkkuudella

D on materiaalin ominaispaino (g/cm^3)

Painohäviökokeiden tulokset säilytetään Cormet Oy:ssä. Ne ovat myös saatavissa SITRasta. Esimerkkinä on otettu hiiliteräksen tulosliuskat liitteeksi 5.

Korroosion laatu

Materiaalin korroosionkestävyyteen vaikuttaa suuresti korroosio-mekanismi. Tasainen korroosio on materiaalin kestoiän määrittä-misen kannalta "paras" korroosion laatu. Vaarallisempi kuoppa- ja pistekorroosio esiintyy paikallisesti ja saattaa pureutua ma-teriaaliin niin syväälle, että rakenne murtuu, vaikka mitään nä-kyviä korroosiotuotteita ei esiintyisikään. Pistekorroosiolle alttiit metallit ovat ruostumattomat teräkset, Imacro-teräs ja alumiini. Tasaisen korroosion ohella hiiliteräksissä ja valu-raudoissa esiintyy kuoppakorroosiota jätevedessä. Korroosion laa-tu on kirjattu liitteen 5 tulosliuskoihin.

Lepopotentialimittaukset

Materiaalien lepopotentiaalien kehitystä on seurattu korroosioko-keiden aikana. Vertailemalla lepopotentiaaleja polarisaatiokäy-riin saadaan tietää materiaalien jalousjärjestys:

1. SIS 2353	} -0,3...+0,3 V	11. Imacro Cr 4.5	-0,6...-0,4 V
2. SIS 2343			
3. SIS 2333		12. AlMg 2.5	
4. Kovakromaus	} -0,4...+0,2 V	13. Al 99	-0,7...-0,4 V
5. Anodisoitu		14. AlSi 12	
alumiini		15. Fe 37	
6. Pml2	} -0,4...+0,1 V	16. GRS 200	-0,8...-0,7 V
7. TP10		17. GRP 400	
8. Msl62		18. GRP 700	
9. Kupari K2		19. Kuumasinkitys	-1,1...-1,0 V
10. Msl58			

Lepopotentialimittaukset säilytetään Cormet Oy:ssä. Malliksi (liite 6) on tähän raporttiin otettu lepopotentiaalimittaukset Lapuan puhdistamon selkeytysaltaassa. Maalipinnoitteiden kor-roosionopeuksia määrittäessä käytettiin SIS 185111 standardin mu-kaista maalausarvoa.

Taulukko 3. SIS 185111:n maalausarvoasteikko vastaavine eurooppalaisine asteikkoneen.

SIS 185111 Maalausarvo		Eurooppalainen ruosteen- estoarvo ruostumis- aste	
10	Vahingoittumaton maalaus	10	Re 0
9	Joitakin yksinäisiä ruostepilkkuja (enint. 1 kpl/dm ²)	9	Re 1
8	Muutamia pieniä ruostepilkkuja (2...10 kpl/dm ²)	8	Re 2
7	Melkoisesti ruostuneita paikkoja harvaan pinnalle jakautuneena (noin 1/5 pinnasta ruostunut)	7	Re 3
6	Melkoisesti ruostuneita paikkoja tiheäm- pään pinnalle jakautuneena (noin 1/3 pinnasta ruostunut)	6	Re 4
5	Noin 1/2 pinnasta ruostunut	5	Re 5
4	Noin 2/3 pinnasta ruostunut	4	Re 6
3	Noin 4/5 pinnasta ruostunut	3	Re 7
2	Melkein koko pinta ruostunut	2	Re 8
1	Koko pinta ruostunut	1	Re 9

Kuten aiemmin on todettu koeaika oli maalausten korroosiota ajatellen aivan liian lyhyt. Ainoastaan Lapuan puhdistamossa olivat ilmassa olevat maalaukset K17, K6d, sinkitys+K17b ja sinkitys+K6c syöpyneet.

Taulukko 4. Maalausten korroosionkestävyys Lapuan puhdistamossa.

Maaliyhdisteet	Koeaika	Maalausarvo
K17	197 vrk	8
K6d	197 "	9
Zn+K17b	197 "	9
Zn+K6c	197 "	9

Puoliksi jäteveteen upotettujen koekappaleiden maalauksen kiilto oli veden rajapinnassa muuttunut melkein jokaisessa kokeessa, mutta

pinnoitteet olivat muuten ehjiä. Muutamissa tapauksissa maalatut koekappaleet olivat hakkautuneet seiniin ja toisiinsa ja murtaneet maalauksen. Muita pinnoitteita arvosteltaessa käytettiin DIN-asteikkoa.

Taulukko 5. Pinnoitteiden korroosion arvosteluperusteet.

Pinnan korroosioarvo	Pinnasta syöpynyt %
10	0
9	0 - 0,5
8	0,25 - 0,5
7	0,5 - 1,0
6	1,0 - 2,0
5	2,0 - 4,0
4	4,0 - 8,0
3	8,0 - 16
2	16 - 32
1	32 - 64
0	> 64

Taulukon 5 mukaisesti arvosteltiin kuumasinkityksen, anodisoinnin, kovakromauksen sekä muovipinnoitettujen ja sinkittyjen teräslevyjen korroosiota.

Muovipinnoitetut ja kuumasinkityt teräslevyt olivat syöpyneet vain Lapualla. Niiden arvot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Muovipinnoitettujen rakennusteräslevyjen korroosio Lapuan puhdistamossa.

	Koeaika	Korroosioarvo
Kynar 50/50	197 vrk	9
Organosol	197 "	8

Pinnoitteiden korroosiotulokset säilytetään Cormet Oy:ssä ja SITRassa.

3. PUHDISTAMOJEN KORROOSIONESTO

Korroosiokokeiden, haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella on laadittu yhteenveto puhdistamojen korroosionestosta.

3.1 Korroosio-olosuhteet

3.1.1 Korroosio-olosuhteet jätevedessä

Jätevesien fysikaalisissa, kemiallisissa ja sähkökemiallisissa ominaisuuksissa on suurta hajontaa monien eri tekijöiden vuoksi. Jo ilmasto aiheuttaa huomattavia lämpötilaeroja jätevesissä, nämä vaihtelevat 2 - 45 °C. Taulukossa 3 on esitetty tyypillisen asumajäteveden analyysiarvoja.

Taulukko 7. Tyypillinen asumajäteveden analyysi /2/.

Lämpötila	6 - 22 °C
Kiintoainepitoisuus	200 - 300 mg/l
Sulfaatit	17 - 20 mg S/l
Kokonaisriikki (sis. sulfidit)	18 - 25 mg S/l
Sähkönjohtavuus	40 - 55 mS/m
Kloridit	50 - 70 mg/l
Ortofosfaatit	4,5 - 6,5 mg P/l
Kokonaisfosfori	6,5 - 10 mg P/l
Typpi	20 - 30 mg N/l
Happi	0,0 - 0,5 mg/l
Ilmastusaltaan happi	1 - 3 mg/l
pH	6 - 7,5

Johtopäätökset:

Kiintoaines: Lietehiukkaset ja hiekka aiheuttavat nopean virtauksen alueella ja ilmastusaltaassa eroosiokorroosiota.

Sähkönjohtavuus: Jäteveden sähkönjohtavuus on verrattain pieni, mutta teollisuusjätevedet saattavat nostaa sitä kertaluokkaa suu-

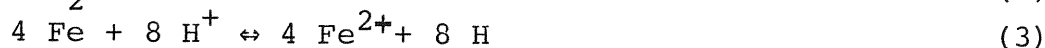
remmaksi. Sähkönjohtavuus kuvaa syövyttävien aineiden yhteispitoisuutta.

Sulfaatit ja muut rikkiyhdisteet: Sulfaatit ovat vaarallisia jätevedessä, koska tärkein korroosiota aiheuttava mikro-organismi hajottaa ne. Sulfaatteja hajottavat bakteerit toimivat anaerobisissa olosuhteissa ja aiheuttavat raudan korroosiota /3/:

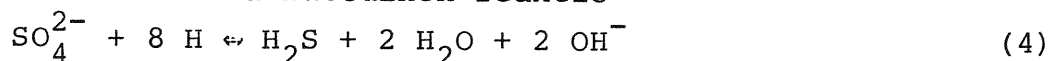
- a) Bakteerit depolarisoivat metallin katodista osaa käyttämällä metallia polarisoivaa vetyä reaktioihinsa. Ruostumattoman teräksen potentiaali putoaa jopa 150 mV, siis tulee tämän verran epäjalommaksi.
- b) Bakteerit tuottavat anodisilla pinnoilla sulfidi-ioneja aineenvaihdunnan tuloksena.
- c) Metallin pinnalle muodostuu paikallisia happokonsentraatioeroja.

Vastaavat korroosioreaktiot ovat /4/:

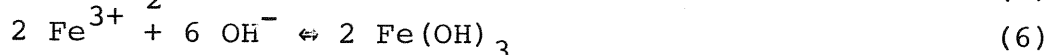
anodiset reaktiot



bakteerien aiheuttama katodinen reaktio



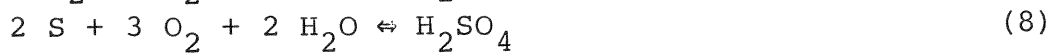
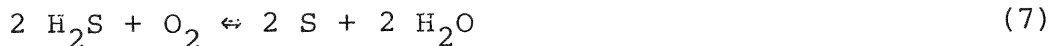
korroosiotuotteet muodostuvat seuraavissa reaktioissa:



Sulfaatteja pelkistävien bakteerien korroosion tuloksena on anodisilta pinnoilta raudan jatkuva liukeneminen, joka johtaa pistekorroosioon. Muodostuva rautasulfidi on katodinen raudan suhteen ja kiihdyttää korroosiota.

Eräät bakteerit saattavat hapettaa rikkivedyn käyttämällä tästä

saadun energian aineenvaihduntaansa seuraavien reaktioiden mukaan /4/:



Reaktiossa 8 syntyvä rikkihappo on erittäin syövyttävä ($\text{pH} < 0,2$) ja kiihdyttää metallin anodista liukenemista. Pienikin lämpötilan nousu saattaa nopeuttaa mikro-organismien aineenvaihduntaa huomattavasti.

Kloridit: Kloridien vaarallisuus tulee esiin ennen kaikkea ruostumattomien terästen piste- ja jännityskorroosion kiihdyttäjänä. Yleensä kloridit aiheuttavat pistekorroosiota sellaisiin materiaaleihin, jotka muodostavat passiivisen suojafilmin pinnalleen. Lisäksi kloridit nopeuttavat piilo- ja rakokorroosiota.

Fosforiyhdisteet eivät ole jätevesissä merkittäviä metallien korroosiolle.

Typpi: Typestä on noin puolet ammoniakkinä, joka aiheuttaa kuparimetallien ja betonin korroosiota.

Happi: Jätevesiolosuhteissa happi edistää aina korroosiota, koska metallipinnoille muodostuu likakerroksia. Passivoituvien metallien syöpyminen tapahtuu likakerroksen alta ja muiden metallien likakerroksen reunoilta.

pH: Jäteveden pH on korroosiomielessä edullisella alueella, jossa kaikki metalliset materiaalit kestävät parhaiten. Jos teollisuusjätevesiä tulee mukaan, saattavat pH-arvot heilahdella enemmän kiihdyttäen korroosiota.

Vapaa hiilidioksidi: Hiilidioksidi kiihdyttää etenkin betonin, mutta myös rautametallien korroosiota.

Magnesiumioni: Magnesiumioni kiihdyttää betonin korroosiota /5/.

BHT₇: Biologinen hapentarve kuvaa orgaanisen aineksen pitoisuutta jätevedessä. Suoranaista vaikutusta korroosioon ei sillä ole, mutta äkilliset BHT-luvun muutokset aiheuttavat häiriöitä ilmastusprosessissa, jolloin saattaa esiintyä rikkivedyn muodostusta.

Öljyt ja rasvat: Vettä kevyempinä öljyt ja rasvat kerrostuvat veden pintaan ja tarttuvat rakenteissa veden ja ilman rajapintaan. Öljyt ja rasvat vähentävät metallisten materiaalien korroosiota, mutta saattavat kiihdyttää maalipinnoitteiden ja muovien tuhoutumista.

Liuottimet: Liuottimilla on materiaalien korroosiota kiihdyttävä vaikutus.

Kemikaalit /6/: Saostuskemikaalit lisäävät materiaalien korroosionopeuksia kemikaalien lisäyskohtien läheisyydessä.

- a) Ferrosulfaattia käytetään vesiliuoksena tai säkkitavarana. Ferrosulfaattiliuoksen pH on 2,5 - 3. Hapen kanssa reagoidessaan ferroioni muuttuu ferri-ioniksi, joka on voimakas hapetin. Ferri-ionin tullessa metallin pintaan pyrkii metalliatiomi hapettumaan ja liukenee jäteveeseen.
- b) Kloorattua ferrosulfaattia voidaan ostaa tai suorittaa klooraus puhdistamossa. Klooratussa ferrosulfaatissa on osa ferrosulfaattia hapetettu kloorikaasulla ferrikloridiksi. Ferrikloridi on erittäin voimakas hapetin, jossa ferri-ionin ohella vaikuttaa aggressiivinen kloridi-ioni.
- c) Puhtaan ferrikloridin syövyttävyys on tietysti näistä kolmesta suurin.
- d) Kalkkia käytetään kalkkisaostuksessa sekä pH:n säätöön. Korkea pH voi aiheuttaa pinnoitteiden ja esim. kuparin ja alumiinin syöpymistä. Kalkkimaito voi aiheuttaa eroosiokorroosiota. Kalkin saostuminen voi johtaa myös putkien tukkeutumiseen.
- e) Alumiinisulfaattiliuoksen pH on 2,5 - 3,5, joten se on suhteel-

lisen syövyttävää.

- f) Kloori ja hypokloriitti: kloori on vahva hapetin, joka veden kanssa reagoidessaan muodostaa suolahappoa. Kloori tai hypokloriitti on vaarallinen melkein kaikille metalleille. Varsinkin passivoituviin metalleihin ne aiheuttavat voimakasta pistekorroosiota.
- g) Rikkihappoa voidaan käyttää pH:n säätöön.
- h) Natriumhydroksidi on vahva emäs, jota myös käytetään pH:n säätöön.

Galvaaninen korroosio: Olosuhteisiin sopivien metallien tunteminen ei aina riitä korroosionestossa. On myös tiedettävä, kuinka käy, jos kahta metallia käytetään toisiinsa liitettyinä upotus- ja roiskevesirasituksessa sekä kosteassa ilmassa.

Pääsääntönä voidaan pitää sitä, että pinta-alaltaan pienemmän kappaleen on oltava jalousasteeltaan samaa tai korkeampaa luokkaa kuin pinta-alaltaan suurempi kappale. Kosteassa ilmassa ja roiskevesirasituksessa metallien pitäisi olla jalousasteeltaan suunnilleen samanlaisia tai vaihtoehtoisesti metallien liitoskohta on eristettävä sähköä johtamattomalla aineella, maalilla, holkillla tms.

Upotusrasituksessakaan ei kannata käyttää systeemiä ruostumatonta teräs (pieni pinta-ala) - kuumasinkitys (suuri pinta-ala), koska kuumasinkitys syöpyy varsin nopeasti yksinäänkin jätevedessä saati silloin, kun ruostumatonta teräs vielä kiihdyttää syöpymistä. Perusmetallin paljastuttua korroosio jatkuu kiihtyvällä nopeudella. Taulukko metallien galvaanisesta korroosiosta on liitteenä 7.

Veden rajapinta: Vesirajassa ovat korroosio-olosuhteet yleensä ankarimmat. Siinä on elektrolyyttinä vettä, johon on aina liuenneena happea. Joissakin kohteissa saattaa esiintyä käsittelemättömän jäteveden yhteydessä rikkivetyä. Ilmastuksessa ja sen jälkeen sekä yleensä käsiteltyssä jätevedessä on paljon hiilidioksidia, mutta

Taulukko 9. Ehdotelma eräiksi poikkeavien jätevesien laadulle asetettaviksi raja-arvoiksi yleiseen viemärilaitokseen johdettaessa.

Aine tai ominaisuus		Kemiallinen merkki	Suurin sallittu määrä tai arvo liityttäessä puhdistamolla	
lämpötila			40 °C	
pH			6,0 - 10	6,5 - 9,0
ammoniakki	(mg/l)	NH ₃	60	
magnesium	"	Mg	300	300
kloridi		Cl		0,5 %
sulfaatti	"	SO ₄	400	400
hopea	"	Ag	k · 0,1	0,1
kadmium	"	Cd	k · 0,01	0,01
kromi (6 ⁺ ja 3 ⁺)	"	Cr	k · 1,0	1,0
kupari		Cu	k · 1,0	1,0
lyijy	"	Pb	k · 1,0	1,0
nikkeli	"	Ni	k · 1,0	1,0
sinkki		Zn	k · 4,0	4,0
raskasmetallit yhteensä (mg/l)			20	10
arseeni	"	As	k · 1,0	1,0
syaniidi	"	CN	k · 0,1	0,1
sulfidi	"	S	k · 5	5,0
fluoridi	"	F	k · 10	10
alkoholit	"		k · 500	500
ketonit	"		k · 100	100
esterit	"		k · 100	100
eetterit	"		k · 100	100
klooratut liuottimet			ei ollenkaan	
eläin- ja kasvirasvat ja -öljyt	"			100
mineraaliöljyt			100	40

Huom! k = laimennuskerroin, jona ilman erityistä perustetta ei tulisi käyttää suurempaa arvoa kuin 5.

siinä ei ole rikkivetyä.

Erilaiset fysikaaliset rasitukset vaikuttavat vielä vesirajassa. Näitä ovat jatkuva kastuminen ja kuivuminen, lämpeneminen ja jäähtyminen sekä paikoitellen jäätyminen ja sulaminen /6/.

3.1.1.1 Poikkeavat jätevedet

Puhdistamoon johdettujen teollisuusvesien määrä ja laatu vaikuttavat jäteveden syövyttävyyteen yleensä pahentavasti.

Normaalisti teollisuusjätevesien osuus jätevesimäärästä on 5 - 25 %, mutta teollisuusjätevesien määrä voi olla jopa 70 - 75 %, kuten parissa koepuhdistamossa (liite 3) on todettu. Samasta liitteestä nähdään veden syövyttävyyden riippuminen teollisuusjätevesien määrästä.

Soikkelin /5/ artikkelissa on esitetty Suomen Kaupunkiliiton ehdotus poikkeavien jätevesien analyysirajoista taulukossa 9. Samassa artikkelissa on esitetty pahimmat betonin syöpymisen aiheuttavat komponentit, jotka nähdään taulukosta 10.

Taulukko 10. Betonin syöpyminen jäteveden sisältämien aineiden vaikutuksesta.

Vaikuttava aine	Syöpymisen voimakkuus		
	heikko	voimakas	erittäin voimakas
hapot (pH)	6,5 - 5,6	5,5 - 4,5	4,5
"vapaa" hiili-			
happo (mg CO ₂ /l)	15 - 30	30 - 60	60
ammonium (mg NH ₄ /l)	15 - 30	30 - 60	60
magnesium	100 - 300	300 - 1500	1500
sulfaatit (mg SO ₄ /l)	200 - 600	600 - 3000	3000

3.1.1.2 Prosessin kuluessa muuttuvat olosuhteet

Upotus käsittelemättömässä tai lähes vastaavassa jätevedessä:

- käsittelemätöntä jätevettä on viemäristössä, pumppaamoilla,
 - jätevedenpuhdistamojen esikäsittelyssä: välppäämössä, hiekan- ja rasvanerotuksessa,
 - esi-ilmastuksessa,
 - esiselkeytyksessä,
- joissa happea ei ole liuenneena juuri ollenkaan. Hiilidioksidia ja rikkivetyä on jätevedessä melkein aina riippuen jäteveden tuotuksesta. Hiekkaa on etenkin välppäämössä ja hiekanerotuksessa. Öljyn ja rasvan sekä kelluvien partikkeleiden määrä vaihtelee /6/.

Upotus käsitellyssä jätevedessä:

Puhdistamon toimintatyyppi vaikuttaa olennaisesti käsitellyn jäteveden ominaisuuksiin. Rinnakkaissaostusprosessin ilmastusaltaassa ja jälkiselkeytyksessä on suuri hiilidioksidipitoisuus ja liuenut happea on vedessä. Ilmastusaltaassa saattaa olla hapeton kohta saostuskemikaalin syötön kohdalla.

Suorasaostusmenetelmistä ovat yleisimmät kalkki-, rauta- ja alumiinisulfaattisaostus. Kalkkisaostuksessa pH on 11,3 - 11,7. Rautasaostus alkaalisella alueella tehdään pH:ssa 8,5 - 9,0, jolloin pH nostetaan kalkilla ja saostuskemikaalina käytetään kloorattua ferrosulfaattia tai ferrikloridia.

Alumiinisulfaattisaostus sekä hapan rautasuolasaostus suoritetaan puolestaan pH-alueella 5,5 - 6,5 /6/.

3.1.2 Korroosio-olosuhteet puhdistamon ilmassa

Ilman syövyttävyys riippuu lämpötilasta, suhteellisesta kosteudesta ja syövyttävien kaasujen pitoisuuksista. Syövyttäviä kaasuja ovat happi, rikkivety, joskus rikkidioksidi, karbonihappo, hiilidioksidi, rikkihappohöyry, kloridisumu ja suolahapposumu. Ilmassa vallitsevista korroosio-olosuhteista on PSK-standardeissa /7/ esitetty taulukko 11.

Syövyttävien kaasujen pitoisuuksia ei puhdistamoissa ole paljon mitattu. Tiedossa on vain yksi puhdistamo, jossa seurataan rikki-

vedyn pitoisuutta jatkuvasti. Pitoisuudet saattavat kasvaa prosessin häiriöiden takia kesällä jopa 50 ppm:ään, mikä on jo hengenvaarallista.

Taulukko 11. Korroosiorasitusluokat.

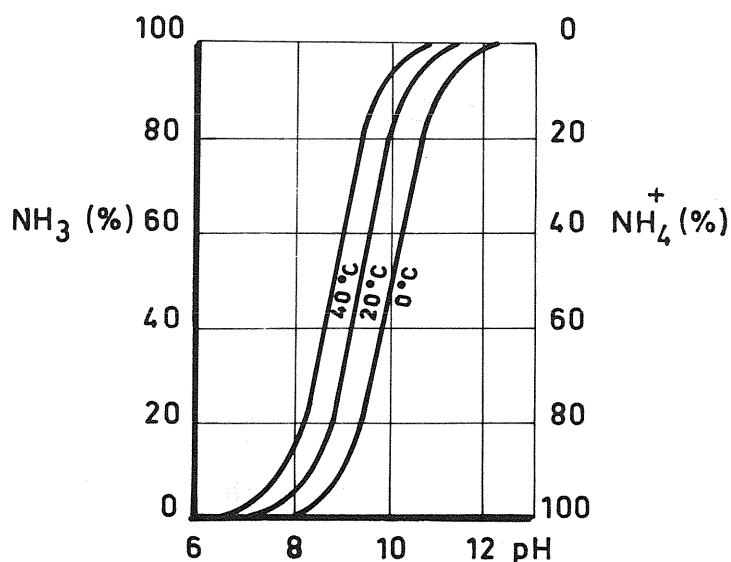
Rasitus- luokka	Korroosiovaikutus	Esiintymisympäristö	Esimerkkejä maalattavista rakenteista
M0	rasitteeton	kuivat, lämmitetyt sisätilat	konttori-, tehdas ja asuinrakennusten teräsrakenteet
M1	lievä ilmasto- rasitus	lämmittämättömät sisätilat, joissa lämpötila ja kosteus vaihtelevat	kylmät varasto- ja teollisuusrakennukset
M2	kohtalainen ilmasto- masto- rasitus	lämmitetyt sisätilat kondenssivaara. Ulkona puhdas maaseutuilmasto	
M3	voimakas ilmasto- rasitus	syövyttävä kaupunkitai teollisuusilmasto. Meri-ilmasto, veden yläpuoliset teräsrakenteet	rakennusten teräsosat, kaitteet ym. Säiliöt, nosturit, pylväät, sillat
M4	erikoisrasitukset	kemian-, selluloosa- ja paperiteollisuuslaitokset, kaitteet sekä maan- ja vedenalaiset teräsrakenteet	syövyttävien kaasujen ja roiskeiden vaikutuksille alttiit rakenteet, kuten koneet, laitteet ja säiliöiden ulkopinnat. Vesi-, kemikaali-, öljy- tai liuotinuotusrasituksessa olevat rakenteet, kuten säiliöiden sisäpinnat, patoluukut, sulkuportit.

Rikkivedyn dissosioituminen veteen riippuu lähinnä pH:sta /9/.

Taulukko 12. Rikkivedyn prosentuaalinen osuus sulfidin määrästä pH:n funktiona.

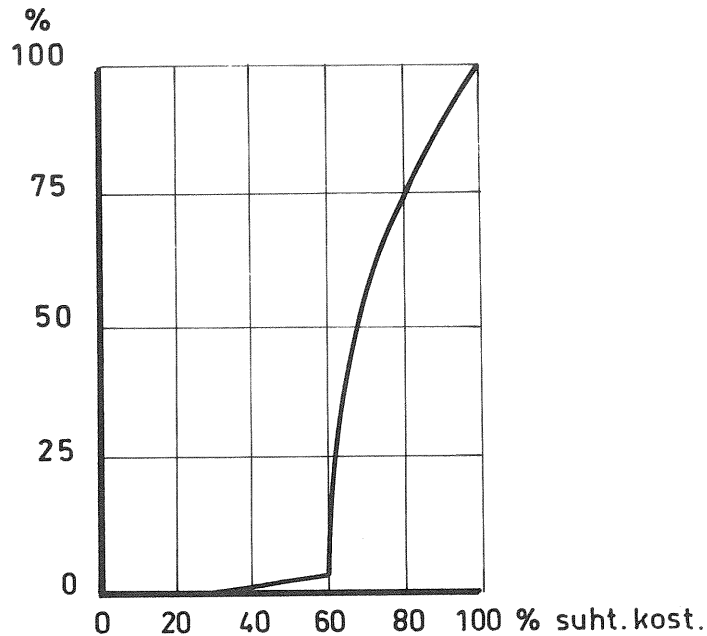
pH	H ₂ S -%
5,0	98
6,0	83
6,5	61
7,0	33
7,5	14
8,0	4,8
9,0	0,5

Sulfidien tuoton nopeus riippuu biologisesti aktiivisesta pinnasta ja lämpötilasta; niiden kasvaessa sulfidipitoisuus suurenee. Ammoniakin määrä kasvaa pH-luvun noustessa. Kuvassa 1. on esitetty ammoniakin riippuvuus pH:sta ja lämpötilasta /10/.



Kuva 1. pH:n ja lämpötilan vaikutus ammoniakin osuuteen vedessä.

Ilman suhteellisen kosteuden osuus teräksen syöpymisnopeuteen nähdään kuvasta 2 /8/.



Kuva 2. Teräksen syöpymisnopeuden riippuvuus suhteellisesta kosteudesta.

Kuvasta nähdään, että kondensssia alkaa syntyä, kun kosteus ylittää 60 %. Käytännössä on pidetty riittävänä, jos kosteus saadaan alle 70 %:n.

3.2 Puhdistamon korroosio ja korroosionesto

3.2.1 Rakenneseikkoja

3.2.1.1 Upotus- ja roiskevesirasitus

Pinnoitettavien sekä piilo- ja pistekorroosioon taipuvaisten metallien käytössä pitäisi välttää ahtaita rakoja ja koloja sekä roiskevedessä lisäksi paikkoja, joihin vesi jää seisomaan. Teräsvätkulmat pitäisi pyöristää eikä katko- tai pistehitsausta pitäisi käyttää pinnoitettavissa metalleissa.

3.2.1.2 Ilmastorasitus

Jätevedenpuhdistamoiden ilmastorasitus voidaan jakaa katteen mukaan

seuraavasti

- kattamaton puhdistamo,
- kylmäkatettu puhdistamo,
- lämpöeristetty puhdistamo sekä
- lämpöeristetty ja lämmitetty puhdistamo.

Katettujen puhdistamojen ilmanvaihtotyypit ovat:

- luonnollinen ilmanvaihto,
- koneellinen sisäänpuhallus sekä
- koneellinen sisäänpuhallus ja poisto, minkä lisäksi järjestelmässä saatetaan käyttää tuloilman lämmitystä, lämmön talteenottoa lähtevästä ilmasta, tuloilman kuivausta ja ilman kierrätystä.

Katetuissa allastiloissa ilman kosteus riippuu pääasiassa veden ja ilman lämpötilasta. Ilman lämpötilaan voidaan vaikuttaa katto- ja seinärakenteen lämpöeristyksellä sekä lämmityksellä. On osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi, että allastilojen lämpötila on vain noin 2 °C jäteveden lämpötilaa korkeampi. Alhaisempi lämpötila nostaa suhteellisen kosteuden liian korkeaksi ja korkeampi lämpötila pienentää kaasujen liukoisuutta jäteveden pinnassa, jolloin kaasuja pääsee puhdistamon ilmaan.

Katettujen allastilojen ilmasto vastaa /11/:

- kemian teollisuuden ilmasto, kun ilmanvaihtoluku on 1,5 tai pienempi,
- teollisuusilmasto, kun ilmanvaihtoluku on 1,5 - 5 ja
- puhdistamoa ympäröivää ilmasto, kun ilmanvaihtoluku on suurempi kuin 5.

Ilmanvaihtoluku ilmaisee, kuinka monta kertaa tunnissa ilma vaihtuu kyseisessä tilassa.

Katetuissa allastiloissa, joissa korkeus veden pinnasta on enemmän kuin 4,0 m, otaksutaan ilmanvaihtoluvun 1,0 vastaavan ilmanvaihtoa $4,0 \text{ m}^3/\text{allas-m}^2\text{ x h}$.

Ei riitä, että ilmanvaihtoluku on riittävän suuri, vaan on pyrittävä

ottamaan ilma prosessin likaisesta päästä ulos ja tuomaan uutta ilmaa prosessin puhtaimpaan osaan. Tällöin estetään haittojen leviäminen ja toisaalta varmistetaan, ettei synny oikovirtauksia. Näin päästään usein jo ilmanvaihtoluvulla 1,5 - 2 hyviin tuloksiin.

Kylmäkatettujen puhdistamojen yleisin ilmanvaihtotyyppi on luonnollinen ilmanvaihto rakojen avulla. Näin saatu tuuletus on kuitenkin riittämätön varsinkin talvella. Ilmanvaihdon suuruutta ei tässä projektissa ole voitu tarkasti määrätä, mutta riittävä ilmanvaihtoluku lienee 3 - 6. Kustannuksiltaan koneellinen ilmanvaihto on huomattavasti kalliimpi kuin luonnollinen ilmanvaihto, mutta se saattaa parantaa materiaalien korroosiokestävyyttä oleellisesti. Ilmastusallas tuottaa eniten kosteutta allastiloissa; siksi ilmastusaltaan eristäminen vähentää oleellisesti muiden tilojen ilmanvaihdon ja lämmityksen määrää. Ruotsissa ilmastusallastilan eristämällä on saatu erittäin hyviä kokemuksia.

Pelkästään lämpöeristettyjä lämmittämättömiä puhdistamoja ei Suomen ilmastossa kannattane rakentaa.

Lämpöeristettyjen ja lämmitettyjen puhdistamojen hankintahinta on jo niin korkea, että riittävää ilmanvaihtojärjestelmää ei ole pidetty kustannuksiltaan kohtuuttomana. Tavallisimpana ilmanvaihtotyyppinä on koneellinen sisäänpuhallus ja poisto. Muutamissa puhdistamoissa on käytetty talvella kiertoilmaa energiakustannusten säästämiseksi.

Kiertoilman käyttö ei talvisaikaan mainittavasti pahenna korroosiota, sillä kylmästä jätevedestä nousevien kaasujen määrä ei ole läheskään niin suuri kuin kesällä. Oleellista ilmanvaihdon järjestämisessä on, että tuloilma tuodaan allastilojen puhtaimpaan päähän, josta myös mahdollinen kiertoilma otetaan. Poistoilma taas kerätään allastilojen likaisimmasta päästä. Näin järjestetyn ilmanvaihdon riittävä ilmanvaihtoluku on 1,5 - 4 ilmassa olevien syövyttävien kaasujen ja niiden pitoisuuksien mukaan.

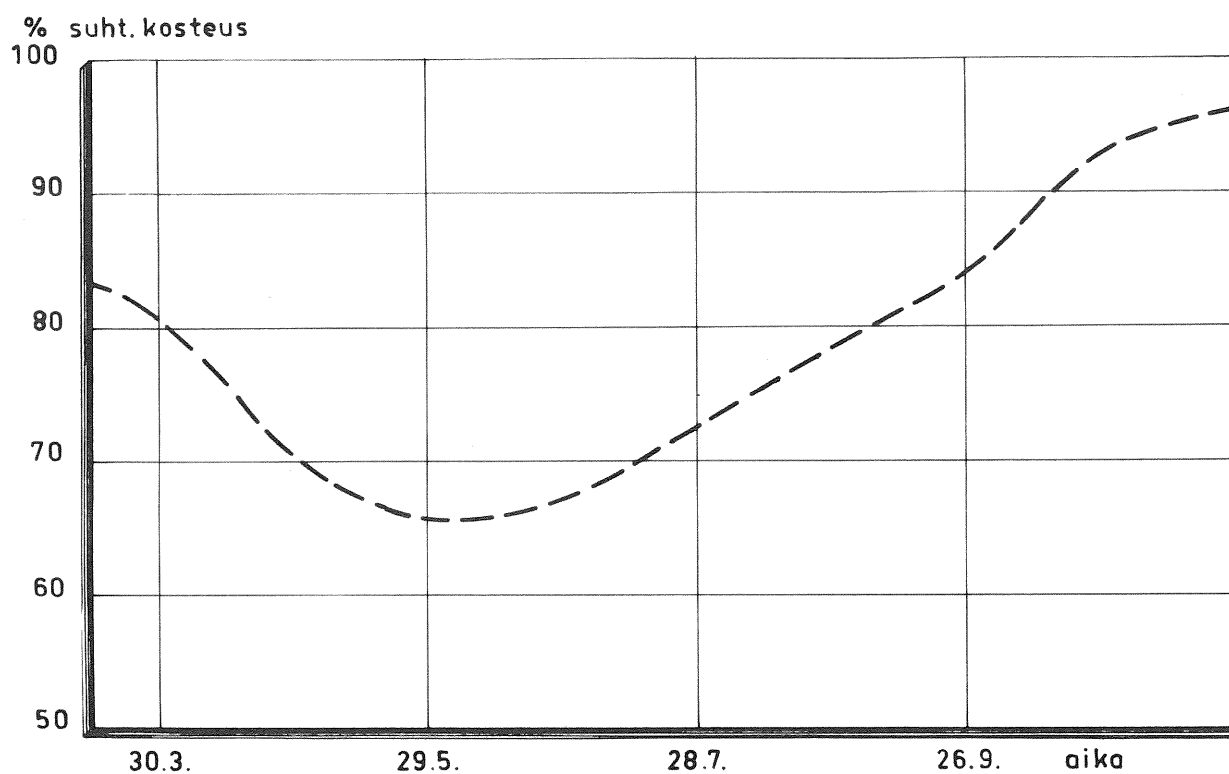
Kuvassa 3 nähdään Kuusamon, Kaustisen, Honkajoen ja Tammisaaren kylmäkatettujen puhdistamojen keskimääräinen suhteellinen kosteus. Havaitaan, että keskimääräinen kosteus on loppukesästä keskikesään alle 70 %. Tarkasteltaessa liitteen 2 käyriä nähdään, että kosteusprosentit vaihtelevat tänä aikana 50 - 90 %:iin.

Kuvassa 4 on esitetty vastaava keskimääräinen kosteuskäyrä Lapuan, Porvoon ja Lahden lämmitetyissä puhdistamoissa. Lämmityksen aikana saadaan kosteus pysymään hyvin 50 - 60 %:ssa, mutta heti lämmityksen loputtua keskimääräinen kosteus nousee kesän mittaan n. 95 %:iin. Tällaisissa puhdistamoissa olisi aiheellista järjestää jatkuva kosteuden mittaus ilmanvaihdon ja lämmityksen säätämistä varten. Kesällä tuloilman kuivaus parantaisi oleellisesti korroosio-olosuhteita.

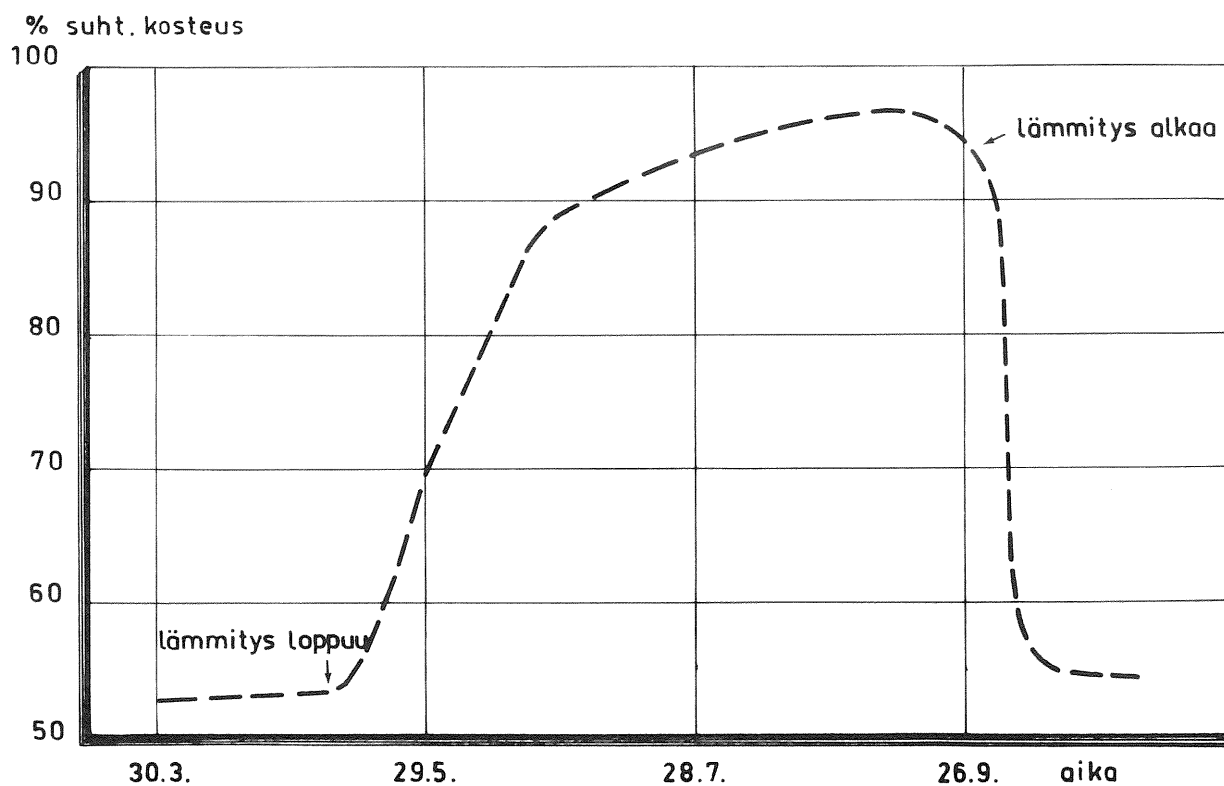
Kun valvomo- ja sosiaali-tilat, kompressorihuone, varastotilat ym. kuivat sisätilat on rakennettu allastilojen yhteyteen, on tällöin vaara, että syövyttävät kaasut pääsevät tunkeutumaan näihin tiloihin. Kaasut syövyttävät herkkiä mittaus- ja säätölaitteita sekä tekevät hajullaan työympäristön epämiellyttäväksi. Tässä tapauksessa olisi ilmanvaihto järjestettävä niin, että kuivissa sisätiloissa olisi pieni ylipaine allastiloihin nähden. Tällöin kaasut eivät pääse tunkeutumaan yhtä helposti kuiviin tiloihin.

Missään tapauksessa lueteltuja tiloja ei pitäisi sijoittaa allastilojen keskelle, vaan mieluummin eri rakennukseen tai eristettävä mahdollisimman hyvin allastiloista.

Kostea rikkivety aiheuttaa usein sähkö-, säätö- ja mittauslaitteiden rikkoontumisen, mikä puolestaan häiritsee puhdistusprosessin ajoa. Tilannetta voidaan helpottaa sijoittamalla kyseiset laitteet kuiviin ja lämpimiin sisätiloihin. Osa laitteistosta joutuu kuitenkin olemaan allastiloissa. Paras ratkaisu syöpymisen estämiseksi on silloin ns. instrumentti-ilman käyttö. Tämä tarkoittaa sitä, että johdetaan puhdasta kuivattua paineilmaa laitekoteloihin ja näin saadaan pieni ylipaine näihin. Varmistuksena voidaan myös valvomossa käyttää instrumentti-ilmaa.



Kuva 3. Keskimääräinen suhteellinen kosteus kylmäkatetussa puhdistamossa, jossa on luonnollinen ilmanvaihto.



Kuva 4. Keskimääräinen suhteellinen kosteus lämpöeristetyssä ja lämmitetyssä puhdistamossa.

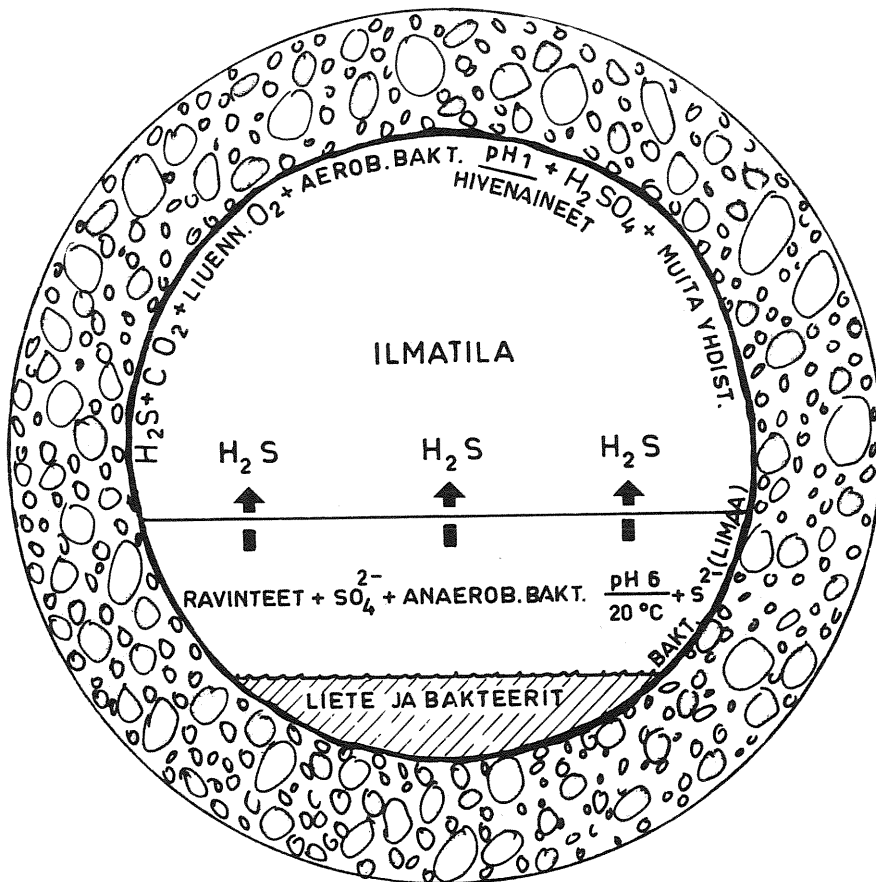
Ulkonakin olevat pumppaamojen sähkökeskukset ovat alttiina rikkivetykorroosiolle, jos kaapelien läpiviennit koteloihin on huonosti tiivistetty. Tilannetta voidaan helpottaa siirtämällä pumppaamon kannen päällä oleva sähkökeskus pumppaamon viereen valtulle betonilaatalle.

3.2.2 Materiaalien valinta puhdistamoihin

Keskeinen kysymys materiaalivalintoja tehtäessä on se, käytetäänkö pinnoitettavaa materiaalia vai materiaalia, joka kestää ilman pintakäsittelyä. Ainakin pienehköt ja vaikeasti pintakäsiteltävät laitteet kannattaneen valita sellaisista materiaaleista, joita ei tarvitse pinnoittaa.

3.2.2.1 Betoni

Betoni on tavallisin materiaali jätevesitekniikassa. Sitä käytetään



Kuva 5. Viemäriputken korroosiotapahtumat.

esim. suurihalkaisijaisissa putkissa, kanavissa, säiliöissä, altaissa ja katteen kannattavana rakenteena. Betoni kestää korroosiota jätevesiolosuhteissa neutraalilla pH-alueella suojaamattomanakin erittäin hyvin. Siksi sitä käytetään myös suojaamaan valurauta- ja teräsputkia.

Pahin betonin korroosio tapahtuu mikro-organismien vaikutuksesta. Anaerobisten bakteerien muodostama rikkivety kohoaa ilmaan ja tiivistyy veden mukana betonin (tavallisimmin betoniputken) pinnalle. Tässä vaikuttavat aerobiset rikkihappoa tuottavat bakteerit laskevat pH:n betonin pinnassa, jolloin syöpmistä tapahtuu /12/.

Vesirajassa betoniin imeytynyt vesi kulkeutuu ylöspäin ja haihtuu ilmaan. Vesi kuljettaa mukanaan betonia syövyttäviä suoloja, jotka väkevöittyvät rajapintaan. Pakkasvauriot ja kulutusvauriot ovat myös mahdollisia /12/.

3.2.2.2 Puu

Puun käyttö viemäriputkina on ollut yleistä. Monesti painekyllästetty puu on vieläkin hyvä ratkaisu varsinkin jatkuvassa upotuksessa. Yleensä ongelmaksi on tullut joko huono perustus tai vanneiden korroosio. Roiskevedessä painekyllästetty puu pehmenee melko nopeasti. Runsaasti työtä vaativana materiaalina puu on saanut väistyä monista hyvistä ominaisuuksistaan huolimatta /2/.

Ilmastorasituksessa painekyllästetty liimapuu on kantavissa rakenteissa korroosioneston kannalta parhaita ratkaisuja. Painekyllästettyä puuta voidaan Suomen ilmastossa käyttää rauhassa välittämättä syövyttävien kaasujen pitoisuuksista. Bakteerit, homesienet, levät yms. voivat ajan mittaan pehmentää myös painekyllästetyn puun. Jatkuva kostuminen ja kuivaminen voi aiheuttaa puun halkeilemistä.

3.2.2.3 Valuraudat

Upotusrasituksessa on valurautaa käytetty aikaisemmin paljon, mutta

nyttemmin ruostumattomat teräkset ovat vallanneet valuraudan käyttökohteita. Nykyisin valurautaa käytetään putkissa, pumpuissa, luukuissa, ketjuissa ja venttiileissä. Kuluviissa osissa, esim. pumpuissa, valuraudan kestoikä on noin 4 - 5 v. Valuraudan hinta on noin 1/4 ruostumattoman teräksen hinnasta, joten määrättyihin tarkoituksiin sen käyttö saattaa olla edullista. Valurautaa ei kannata yleensä käyttää jätevedessä ilman suojamaalausta. Maalaamaton valurauta voi menestyä rasvapitoisissa jätevesissä puhdistusprosessin alkupäässä, esim. esiselkeytyksessä.

Valuraudan korroosio on ns. grafitisoivaa korroosiota eli spongiosia, jossa korroosiotuotteet jäävät valuraudan pintaan. Niillä on tietty lujuus, mikä on kuitenkin alkuperäistä valuraudan lujuutta huomattavasti pienempi.

Koska hapettomissa ja niukkahappisissa olosuhteissa ei raudan pinnalle pääse muodostumaan suojaavaa oksidikerrosta, grafiitin ja raudan potentiaaliero on suuri, joten grafiitti kiihdyttää raudan syöpymistä.

Ilmasto-olosuhteissa ei valurautaa käytetä koskaan maalaamattomana, siksi valuraudan korroosio riippuu pintakäsittelyn laadusta. Valuraudan käyttökohteita ovat:

- miesluukkujen kannet ja kehykset,
- useimmat sähkömoottoreiden ja erilaisten koneenosien kuoret,
- alustat,
- luukut
- venttiilit ja
- putket.

Mm. ilmastusputkien valurautaiset kalvoventtiilit ovat nykyisin suosiossa. Valuraudan korroosiosta on mainittava vielä vajaa- täytteiset viemäriputket. Jätevedestä nousee rikkivetyä, joka hapettuu putken seinämällä olevien aerobisten bakteerien aineenvaihdunnan tuloksena rikkihapoksi.

Myös puhdistamon sisällä olevat valurautaiset osat syöpyvät kostean ja rikkipitoisen ilman vaikutuksesta. Pallografiittivalu-

rauta syöpyy hieman suomugrafiittivalurautaa enemmän puhdistamon ilmassa.

3.2.2.4 Hiiliteräs

Hiiliterästä ei kannata yleensä käyttää jätevedessä ilman hyvää suojapinnoitetta. Niukahappisissa olosuhteissa, esim. selkeyttimen laahainketjussa, terästä käytetään suojaamattomana käytännön pakosta, koska ketjussa eivät maalit eivätkä rasvat pysy. Myös rasvaisissa jätevesissä esim. esiselkeytyksessä teräs kestää suojaamattomana melko hyvin. Maalattuna terästä käytetään teräsaltaisiin, selkeyttimen ristikko- ja laahainlaitteisiin ym. Hiiliteräksen korroosiota kiihdyttävät mikro-organismit ja hapen väkevyyserot.

Hiiliteräs on tärkein rakennemateriaali puhdistamon ilmassa. Katteen tukirakenne on useasti tehty hiiliteräspalkeista. Muita käyttökohteita ovat mm. selkeyttimen sillat, suojakaiteet, putket ja tuuletussäleiköt. Ilmasto-olosuhteissa ja veden rajapinnassa ei hiiliterästä kannata käyttää ilman huolellista ja käyttöolosuhteisiin sopivaa maalausta, sillä kostea, syövyttäviä kaasuja sisältävä ilma ruostuttaa raudan nopeasti.

Hiiliteräksen suojauksessa saatetaan käyttää myös kuumasinkitystä esim. nauloissa, pulteissa, peltikatossa, ilmanvaihtokanavissa, hoitotasojen ritilöissä, kaiteissa ja vesijohtoputkissa. Ulkona sinkitty teräs kestää hyvin, mutta erityisesti kosteissa rikkivetyä sisältävissä tiloissa se kaipaa pinnalleen vielä maalikerroksen.

3.2.2.5 Ruostumattomat teräkset

Korkeasta hinnasta huolimatta on ruostumattomien terästen käyttö jätevesitekniikassa levinnyt valtavasti. Paikoissa, joissa paljas metallipinta joutuu kosketuksiin jäteveden kanssa, on materiaali yleensä ruostumatonta terästä. Korroosiokokeiden perusteella voidaan sanoa, että laatu SIS 2333 kestää jätevedessä, mikäli kloridi-

pitoisuus ei ylitä 200 ppm:ää. Jos kloridipitoisuus on suurempi, käytetään laatua SIS 2343 tai SIS 2353.

Ruostumattominen terästen käyttökohteet ovat ilmastusputkistot, jätevesi- ja lietepumput, sulkuluukut ja niiden kehykset, säätöventtiilit, ylivuotoreunat ja -kourut. Lietepumppujen määritellyt pinnat valmistetaan usein Hastelloy F-materiaalista.

Kuten käyttöesimerkeistäkin ilmenee, ruostumattomien terästen käyttö on paikallaan silloin, kun on tarpeellista säilyttää tarkat välilyönnit, kuten juuri venttiileissä ja pumpeissa.

Ruostumattomien terästen korroosiotyypit ovat piste- ja piilokorroosio. Piilokorroosiosta voidaan mainita pumpun akselin ja tiivisteholkin väli. Pistekorroosio on kloridien aikaansaamaa piste-mäistä syöpymää, jota jätevesissä harvoin esiintyy. Muutamassa paikassa on yritetty syöttää kloorattua ferrosulfaattia haponkestävällä (SIS 2343) teräsputkella, mutta tämä syöpyy hyvin nopeasti kloridi-ionin ja ferri-ionin läsnäollessa. Hitsattavissa rakenteissa käytetään SIS 2333:n asemesta mieluummin laatua SIS 2353.

Ilmasto-olosuhteissa käytetään lähes yksinomaan austeniittista laatua SIS 2333. Käyttökohteita ovat ilmastusputkisto, ilmanvaihtokanavat ja suoja-aitteet.

Korroosio ilmasto-olosuhteissa on hyvin niukkaa. Kloorihuoneen läheisyydessä saattaa ruostumattoman teräksen pinnalla esiintyä pistekorroosiota. Kloori reagoi ilman kosteuden kanssa, jolloin syntyy suolahappoa, joka pystyy syövyttämään ruostumatonta terästä. Jos jäteveden kloridipitoisuus on suuri (>200 ppm), nousee ilmastuksesta ilmaan kloridisumua, joka pystyy syövyttämään laatua SIS 2333.

3.2.2.6 Alumiini ja kevytmetallit

Alumiinin kestävyys perustuu sen taipumukseen muodostaa pinnalleen

oksidikalvo. Mikäli alumiinin pinnalle tulee likakerros tai kondensoituu vettä, oksidikerros tuhoutuu tältä kohdalta. Alumiini syöpyy tällöin piste- ja piilokorroosiomekanismilla. Myös kloridit kiihdyttävät alumiinin syöpymistä. Siksi alumiinia ei yleensä kannata käyttää upotuksessa, varsinkaan niukkahappisissa olosuhteissa. Alumiinia on käytetty jonkin verran ylivuotoreunoissa.

Alumiinia käytetään nykyisin entistä enemmän puhdistamoilmassa. Sen käyttökohteina ovat erilaiset kannet, suojakaiteet, valaisinten rungot ja ilmanvaihtokanavat.

Polarisaatiokäyrästä todettiin, ettei ns. merivesialumiini (AlMg 2.5) kestä jätevedessä kauppa-alumiinia (Al99) paremmin. Oksikerrosta voidaan keinotekoisesti paksuntaa ns. anodisoinnilla, joka on sähkökemiallisesti rikkihappoliuoksessa aikaansaatu 20 - 40 µm paksu oksidikerros.

Muista kevytmetalliseoksista mainittakoon silumiini (AlSil2), jota käytetään esim. putkiliitântien irtolaippoina. Silumiini ei kestä kosteaa puhdistamoilmaa, mutta kuivassa ilmassa se on käyttökelpoinen. Kevytmetalleja käytetään lisäksi instrumentoinnissa esim. venttiileinä pneumaattisissa säätösystemeissä. Kokemukset ovat melko huonoja kosteassa puhdistamon ilmassa.

3.2.2.7 Kupari ja kuparilejeeringit

Kuparista ja kuparilejeeringeistä upotusrasituksessa käytettynä ei ole paljon tietoa. Korroosiokokeiden perusteella ne menestyvät melko hyvin jätevedessä.

Kuparimetallit eivät sen sijaan kestä ammoniakin vaikutusta, koska kupari muodostaa kompleksi-ioneja ammoniakin kanssa. Kuparimetallit syöpyvät myös kosteassa rikkivetytypitoisessa ilmassa, jolloin syntyy mustaa kuparisulfidia. Kloorin kanssa kupari muodostaa vihreän kuparikloridisuolan.

Kuparia ja kuparimetalleja käytetään sähkölaitteissa, lämminvesi-putkissa, venttiileissä ym. Kuparimetallien käyttö puhdistamoissa pitäisi minimoida. Esim. sähkökeskukset tulisi sijoittaa kuiviin sisätiloihin.

3.2.2.8 Muovit

Muovien käyttö jätevesitekniikassa on lisääntynyt jatkuvasti niiden kemiallisen kestävyytensä vuoksi. Valmistustekniikan kehittyessä muoveista on tullut metallien veroisia materiaaleja moneen käyttökohteeseen. Muovien parhaita puolia ovat hyvä kemiallinen kestävyys, keveys, pieni kitka ja usein myös edullinen hinta. Näin vanha, hankala ja kallis ratkaisu on korvattu paremmalla ja halvemmalla.

Muovin pahimpia haittoja ovat pieni lämmön- ja paineenkestävyys varsinkin, jos nämä vaikuttavat yhtäaikaan. Tämä on otettava huomioon esimerkiksi ilmastusputkistoa suunniteltaessa.

Jätevedenpuhdistamoissa muoveja käytetään putkistoihin, säiliöihin ja rakenteisiin.

Kertamuoveista ovat lasi- tai/ja synteettisillä kuiduilla vahvistetut lujitemuovit (lyhennys LM) käyttökelpoisia esimerkiksi kemikaalisäiliöihin. Kestomuoveista jätevesitekniikassa tulevat kysymykseen polyeteenit (PEL on pehmeä polyeteeni, PEH on kova polyeteeni), polypropeenit (PP) ja polyvinyylikloridit (PVC) /14/. Polyeteeniä sekä polypropeenä käytetään tavallisimmin putkien rakenneaineina. PEH-putkea käytetään ilmastusputkiston pääilma-putkessa joko kokonaan tai ruostumattoman teräsputken osana, jolloin tarkoitus on melun vaimentaminen puhdistamossa.

PEL-putkea voidaan käyttää mm. lieteputkina. PEL-putkella päällystetty kupariputki on kestänyt korroosiokokeissa moitteettomasti.

PVC-putkia käytetään paikoissa, joissa vaaditaan hyvää kemiallista kestävyyttä ja jäykkyyttä. Viemäriputkien materiaalina on PVC:n

käyttö lisääntynyt viimeisen vuosikymmenen aikana valtavasti.

PVC-muovia on käytetty myös ilmastusputkien veteen menevinä osina, mutta paineen aiheuttama tärinä ja veden noste ovat yleensä murtaneet putket melko nopeasti.

Pehmeää PVC:tä käytetään kaapelien päällysteinä. Muutamissa puhdistamoissa on todettu kostean rikkivetypitoisen ilman haurastavan pehmeää PVC-muovia.

Taulukoissa 13, 14 ja 15 on esitetty PVC-, PEL- ja PEH-putkien käyttöpainearalueet. Taulukossa 16 nähdään muovien haurastumis- ja pehmenemislämpötiloja /14/.

Taulukko 13. PVC-putken käyttöpainet SFS 2332:n mukaan.

Virtaava neste	Lämpö- tila °C	Paineluokka			
		NP 4	NP 6	NP 10	Np 16
		Käyttöpaine maks. kp/cm ²			
Vesi ja muut nesteet	20	4	6	10	16
jotka eivät syövytä	40	2,5	4	6	10
joita PVC kestää	60	—	—	1	2,5
Syövyttävät nesteet	20	2,5	4	6	10
joita PVC kestää	40	—	1	2,5	4
	60	—	—	—	1
Syövyttävät nesteet	20	1	2,5	4	10
joita PVC kestää	40	—	—	1	4
rajoitetusti	60	—	—	—	—

Taulukko 14. PEL-putken käyttöpainet SFS 2334:n mukaan.

Putkessa virtaava neste	T °C	Paineluokka		
		Np 4	Np 6	Np 10
		Käyttöpaine maks. kp/cm ²		
Vesi ja muut syövyttämättömät aineet	20	4	6	10
	40	1,6	2,4	4
	60	1	1,5	2,5
Syövyttävät aineet joita PEL kestää	20	2,6	3,5	6
	40	1	1,4	2,4
	60	0,6	0,9	1,5
Syövyttävät nesteet joita PEL kestää rajoitetusti	20	1	2,5	4
	40	–	1	1,6
	60			

Taulukko 15. PEH-putken käyttöpainet SFS 2336:n mukaan.

Putkessa virtaava neste	T °C	Paineluokka			
		Np 3,2	Np 4	Np 6	Np 10
		Käyttöpaine maks. kp/cm ²			
Vesi ja muut syövyttämättömät nesteet	20	3,2	4	6	10
	40	1,3	1,6	2,4	4
	60	0,8	1	1,5	2,5
Syövyttävät nesteet joita PEH kestää	20	1,9	2,5	3,5	6
	40	0,8	1	1,4	2,4
	60	–	0,6	0,9	1,5
Syövyttävät nesteet, joita PEH kestää rajoitettusti	20	–	1	2,5	4
	40	–	–	1	1,6
	60	–	–	–	–

Taulukko 16. Muovien haurastumis- ja pehmenemislämpötiloja.

	Haurastumis- lämpötila °C	Pehmenemis- lämpötila °C
Polyeteeni	-87	130 ¹
Polypropeeni	-27	170 ¹
Polystyreeni	+80	115 ¹
Polyvinyylikloridi	+75	90 ¹
Polytetrafluorieteeni	+20	327

3.2.2.9 Kumit

Kumien käyttö puhdistamoissa on melko vähäistä. Käyttökohteita ovat sähkölaitteiden suojakotelointien tiivistys, putkien liittokohtien tiivisteet ja kemikaalisäiliöiden kumittaminen. Keski-Euroopassa ja Yhdysvalloissa on lisääntynyt maapohjaisten selkeytysaltaiden käyttö. Näiden pohjalle levitetään hypalon-kumista valmistettu matto.

Kumit kestävät erittäin hyvin niitä kemiallisia rasituksia, joita puhdistamoissa voi esiintyä. Luonnonkumissa voi esiintyä kuitenkin rikkivedyn aiheuttamaa haurastumista esimerkiksi hautomojen tiivistämateriaaleissa.

3.2.3 Pinnoitteiden valinta puhdistamoihin

Tärkeimmät jätevesitekniikassa käytetyt pinnoitustavat ovat: metallien ja betonin maalaus ja teräksen kuumasinkitys.

3.2.3.1 Maalaukset

Maalausten kestävyys riippuu Pentinsaaren /15/ mukaan lähinnä neljästä seikasta.

- miten maalattava pinta on tehty rakenteellisesti,
- mitä pinnoitussysteemiä käytetään,
- miten pinnoitustyö on suunniteltu tehtäväksi ja
- miten pinnoitustyö todellisuudessa tehdään.

Liitteessä 8 on esitetty eräiden maaliyhdistelmien kestävyyskiä /16/.

Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus on laatinut standardit /7/ maaliyhdistelmien käytöstä ja maalausten suorittamisesta. Näitä suositellaan käytettäväksi valittaessa maaliyhdistelmiä eri rasitusolosuhteisiin.

Upotusrasituksessa maalausten käytössä ei ole tehty yleensä virheitä. Toisinaan on käytetty ehkä liian ohuita pinnoitepaksuuksia. Upotus- ja roiskevesirasituksessa ovat käyttökelpoisia maaliyhdistelmiä epoksimaalit, liuotteettomat epoksimaalit ja epoksipikimaalit. Pinnoitteen paksuus pitäisi upotus- ja roiskevesirasituksessa olla vähintään 250 µm.

Ilmastorasitukseen puhdistamoissa on monesti valittu alkydimaaliyhdistelmä, joka ei sovi kosteaan ja rikkivetypitoiseen ilmaan. Hankittaessa valmiiksi maalattuja laitteita kosteaan allastilaan olisi pyrittävä estämään alkydimaaleilla maalattujen laitteiden osto, koska alkydiyhdistelmien päälle ei voi maalata millään muulla maaliyhdistelmällä. Epoksimaaleilla on taipumus liituuntua ilmastorasituksessa, mutta tämä lienee kuitenkin verrattain pieni haitta puhdistamo-olosuhteissa.

Muut käyttökelpoiset maaliyhdistelmät ovat vinyyli- ja kloori-kautsumaalit. Maalausten pinnoitteen paksuuksien tulisi olla vähintään 150 μm . Lisäksi ilmastorasituksessa voidaan käyttää maalausta kuumasinkityksen päällä silloin, kun korroosiorasitus on kuumasinkitylle teräkselle liian suuri, esimerkiksi ilmanvaihtokanavissa.

Betonin maalaukseen soveltuvat epoksi-, epoksipiki- ja liuotteettomat epoksimaalit. Pinnoitteen paksuuksien olisi oltava vähintään 250 μm . Betonin maalauksen ongelmia on Pentinsaari /15/ tarkastellut lähemmin artikkelissaan.

3.2.3.2 Metallipinnoitteet

Metallipinnoitteista on tärkein kuumasinkitys. Sinkityksen kestävyys upotusrasituksessa on erittäin heikko, koska sinkki ei pysty passivoitumaan jätevedessä.

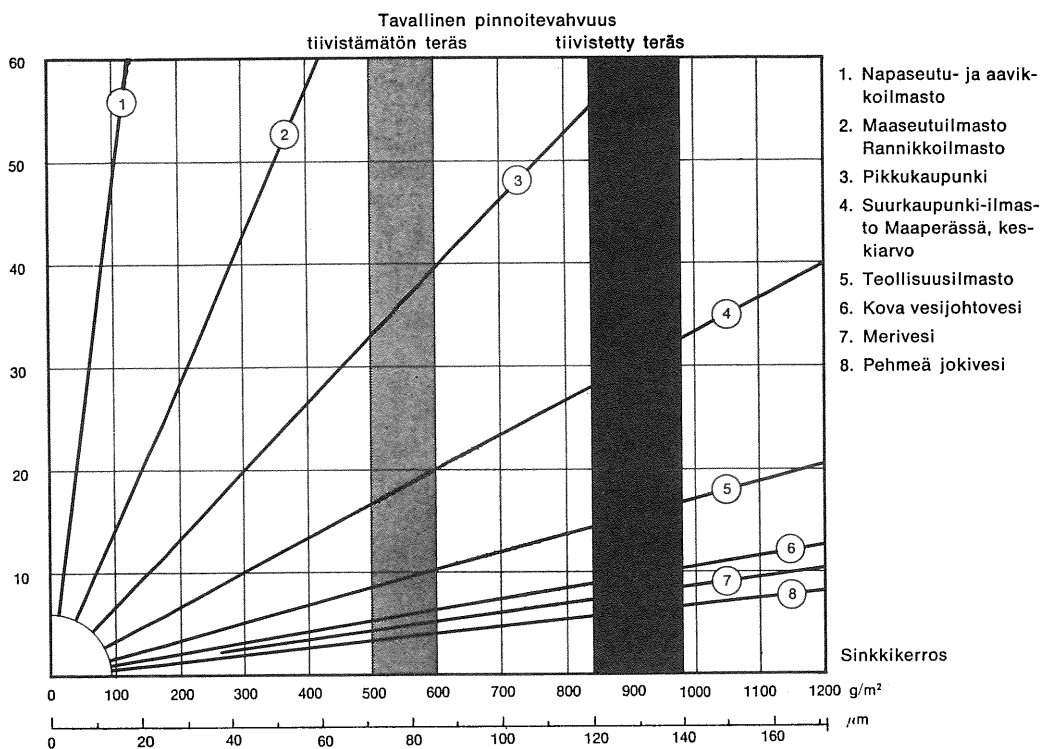
Ilmastorasituksessa sinkitys kestää hyvin kuivassa ilmassa. Kosteassa ilmassa sen korroosio riippuu lähinnä ilman rikkivetypitoisuudesta. Tällöin vaakasuorat pinnat ovat herkimmin alttiina korroosiolle. Ulkona sinkityksen on todettu kestävän hyvin.

Kuten edellisessä kohdassa mainittiin, voidaan sinkityksen lisänä käyttää sopivaa maalausta. Kuumasinkityksen korroosionkestävyys eri ilmastoissa nähdään kuvasta 6 /17/.

Puhdistamoissa voidaan käyttää kuumasinkitystä suojakaiteisiin, miestasojen ritilöihin, maalauksiin ja pulttauksiin sekä laitteiden suojakoteloihin.

Kovakromausta käytetään hydraulisten laitteiden männissä. Kovakromausta kestää puhdistamo-olosuhteissa hyvin paitsi, jos klorideja on paljon.

Kuten alumiinista mainittiin, sen korroosionkestävyyttä voidaan parantaa anodisoinnin avulla.



Kuva 6. Eripaksuisten sinkkikerrosten elinikä eri olosuhteissa.

Yleensä kuiviin sisätiloihin tarkoitettujen pikkuosien, kuten ovenkahvojen, ikkunan saranoiden ja ripojen, vesihanojen ym., ohuet niklaukset ja koristekromaukset eivät kestä kosteassa puhdistamoilmassa montakaan vuotta.

3.2.3.3 Muut pinnoitteet

Korroosiokokeissa oli mukana vielä muovipinnoitteella päällystettyjä rakennusteräslevyjä. Taulukossa 17 on esitetty näiden käsittelyt ja pinnoitteet.

Kyseisten pinnoitteiden kestävyys on todettu korroosiokokeissa ja haastatteluissa olevan samaa luokkaa kuin maalauksien.

Taulukko 17. Rakennusteräslevyt Organosol ja Kynar 50/50.

Käyttökohteet: tarkoitettu sisäverhoukseen, mutta myös teollisuus- ja varastohallien ulko-verhoukseen tapauksissa, jolloin värin- ja kiillonkestävyydelle ei aseteta kovin suuria vaatimuksia.

Perusvärisävyjä 12.

PVC-Organosol
Perusväritys
Passivointi
Kromaus
Sinkitys 20 my
Teräsydin 0,4 - 1,2 mm
Sinkitys 20 my
Kromaus
Passivointi
Suojalakkaus: Alkydamini

Päällyslakkaus saadaan myös levyjen molemmille puolille.

Käyttökohteet: Ulkoverhoukseen siellä, missä värin- ja kiillonpitävyydelle asetetaan suuria vaatimuksia ja missä tarvitaan likaa hylkivää materiaalia. Tällaisia ovat esim. teollisuus-hallit, asuinrakennukset, ostoskeskukset, urheiluhallit jne. Perusvärisävyjä 10.

PVF₂ Kynar 50/50
Perusväritys
Passivointi
Kromaus
Sinkitys: 20 my
Teräsydin: 0,4 - 1,2 mm
Sinkitys 20 my
Kromaus
Passivointi
Suojalakkaus: Alkydamini

Päällyslakkaus saadaan myös levyn toiselle puolelle.

4. KORROOSIONESTOSUOSITUSTEN LAATIMINEN

4.1 Korroosiotaulukot

Korroosiotaulukoissa esiintyvät puhdistamotyypit:

Korroosiotaulukko A (liite 9)

- | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------|
| - mekaaninen puhdistamo | | |
| - biologinen puhdistamo | | lukuun ottamatta yhdistelmä- |
| - rinnakkaissaostuspuhdistamo | | puhdistamojen kemiallista vai- |
| - esisaostuspuhdistamo | } | hetta, jolloin pääsaostuskemi- |
| - jälkisaostuspuhdistamo | | kaalina käytetään kalkkia |

Korroosiotaulukko B (liite 10)

- | | | |
|--------------------------|---|----------------------------------|
| - esisaostuspuhdistamo | } | yhdistelmäpuhdistamojen kemial- |
| - jälkisaostuspuhdistamo | | linen vaihe, jolloin pääsaostus- |
| - suorasaostuspuhdistamo | | kemikaalina käytetään kalkkia |

Puhdistamojen ilmastorasitus on yhdistetty korroosiotaulukkoon A.

Jos prosessista puuttuu ilmastus, helpottuvat puhdistamon kosteusolot. Veden korkea pH poistaa rikkivetykorroosion mahdollisuudet, mutta tuo mukanaan ammoniakin erottumisvaaran jätevedestä.

Korroosiotaulukoissa on esitetty eri materiaalien ja pintakäsittelyjen soveltuvuus jätevedenpuhdistamon eri olosuhteisiin. Korroosionkestävyyksien arvosteluperusteet käyvät selville taulukosta 18.

Taulukko 18. Korroosionkestävyyksien arvosteluperusteet.

Korroosiotaulukon arvo	Korroosionkestävyys	
0	> 10 v	erinomainen
1	5 - 10 v	hyvä
2	2 - 5 v	välttävä
3 tai suurempi	< 2 v	huono, ei suositella

Perusteina taulukkojen arvoja määrittäessä ovat olleet:

- korroosiokokeet (painohäviöt, syöpymän laatu ja pinnoitteen tuhoutumisnopeus),
- polarisaatiokäyrät,
- haastattelut ja
- vertailu korroosiokokeissa oleviin materiaaleihin kirjallisuuden perusteella.

Taulukossa 19 on esitetty korroosiotaulukoiden ja korroosiokoetulosten arvovastaavuudet.

Taulukko 19. Korroosiotaulukoiden ja korroosiokoetulosten arvovastaavuudet.

Taulukon arvo	Painohäviökokeet; tasainen korr.	Painohäviökokeet; piste- tai kuoppak. laskettuna tas. korr.	Joudutaan uusimaan
0	$< 1 \mu\text{m/v}$	$< 0,1 \mu\text{m}$	$>10 \text{ v}$
1	$1 - 10 \mu\text{m/v}$	$0,1 - 1 \mu\text{m/v}$	$5 - 10 \text{ v}$
2	$10 - 50 \mu\text{m/v}$	$1 - 10 \mu\text{m/v}$	$2 - 5 \text{ v}$
3	$>50 \mu\text{m/v}$	$>10 \mu\text{m/v}$	2 v

Poikkeavat olosuhteet jätevedessä on otettu huomioon korjausarvoina taulukkojen kohdissa 2.8. ja 2.9. Ne erotetaan muista taulukon arvoista plus-merkin avulla. Korjausarvo lisätään tarvittaessa taulukossa A kohtiin 2.1. - 2.6. ja taulukossa B kohtiin 2.3. - 2.6.

Kemikaalien sekoituskohdan läheisyys taulukossa A tarkoittaa vain sitä osaa, jossa kemikaalit eivät ole täydellisesti sekoittuneet jäteveteen. Alumiinisulfaattisaostuksessa otetaan huomioon pika-sekoitus-, hämmennys- ja flokkausallas.

Taulukon B kohdassa "Muiden lisäkemikaalien vaikutus" lisätään käytettävän kemikaalin korroosiovaikutus taulukon alkuarvoon sekoituskohdasta lähtien, koska taulukon B perusprosessiksi on valittu kalkkisaostuslaitos. Käytetyistä kemikaaleista aiheutuva syövyttävien yhdisteiden lisäys on otettava mukaan syöttökohdasta läh-

tien. Syövyttävyydeltään normaalia pahemmat jätevedet on otettu korroositaulukoihin viimeisenä kohtana 2.9. Analyysien, haastattelujen ja kirjallisuuden avulla on valittu aggressiivisille komponenteille taulukossa 20 esitetyt rajat.

Taulukko 20. Korjausarvojen rajapitoisuudet.

lisätään 1 x taulukon korjausarvo kun		lisätään 2 x taulukon korjausarvo, kun	
lämpötila	25 °	40 °	
ph	5,5	4,0	
pH	9,0	13,0	
kloridit	200 mg/l	2 000 mg/l (0,2 %)	
kokonaisriikki	100 mg/l	1 000 mg/l (0,2 %)	
vapaa hiiliidioksidi	30 mg/l	60 mg/l	
ammoniakki	30 mg/l	60 mg/l	

Korroositaulukoissa on käytetty merkintää ppm (parts per million),
1 ppm = 1 mg/l.

Seuraavassa esimerkki korroositaulukon käytöstä:

Jos halutaan tietää ruostumattoman teräksen SIS 2333 kestävyys pump-
paamon upotusolosuhteissa, kun jäteveden kloridipitoisuus on 600
mg/l. Katsotaan esimerkiksi taulukon A kohdasta 2.1., josta saa-
daan arvo 0. Seuraavaksi katsotaan, mitä näin suuri kloridipitoi-
suus vaikuttaa SIS 2333:n korroosionkestävyyteen. Tämä arvo saa-
daan kohdasta 2.9.4., joka antaa arvon +2. Lopullinen taulukko-
arvo on tässä tapauksessa $0+2 = 2$. Siis tämä teräs kestää näissä
olosuhteissa keskimäärin 2 - 5 v.

Taulukossa 21 on esitetty ehdotus määrääaikaistarkastusten ja -huol-
tojen väliksi.

Taulukko 21. Ehdotus määrääaikaistarkastusten ja -huoltojen väliksi.

Taulukon arvo	Tarkastus- ja huoltoväli, kun yksikön toimintatärkeys on		
	normaali	kriittinen	erittäin kriittinen
0	2 v	1 v	6 kk
1	1 v	6 kk	3 kk
2	6 kk	3 kk	1 kk

4.1.1 Korroosiotaulukoissa esiintyvät materiaalit ja pintakäsittelyt

Materiaaleiksi ja pintakäsittelyiksi valittiin kirjallisuuden ja haastattelujen perusteella taulukossa 22 mainitut materiaalit.

Taulukkoarvoihin vaikuttivat seuraavat kriteerit:

- painohäviökokeet; tasainen korroosio,
- painohäviökokeet; piste- tai kuoppakorroosio,
- korroosiokokeet; pinnoitteen tuhoutumisnopeus,
- haastattelujen perusteella saatu arvo,
- vertailu läheisen laadun korroosionopeuteen kirjallisuuden perusteella ja
- polarisaatiokäyrät.

Taulukko 22. Korroosiotaulukoiden materiaalit ja pintakäsittelyt.

Materiaali tai pintakäsittely	Taulukkoarvon peruste
<u>Metallit:</u>	
Hiiliteräs Fe 37	1,4,6
Valurauta GRS 200	1,4,6
Valurauta GRP 400	1,4,6
Valurauta GRP 700	1,4,6
Imacro Cr 4.5	1,4
Ruostumaton teräs SIS 2333	2,4,6
Ruostumaton teräs SIS 2343	2,4,6
Ruostumaton teräs SIS 2353	5,6
Kupari K 2	1,4
Messinki Ms 158	4,5,6
Messinki Ms 162 ¹⁾	1,4,6
Tinapronssi Tp 10	1,4,6
Punametalli Pm 102	1,6
Alumiini A 199	1,4,6
Alumiiniseos AlMg 2.5	5,6
Alumiiniseos AlSi 12	4,5
<u>Betoni:</u>	
Betoni K-300	4
<u>Muovit:</u>	
PVC, pehmeä	4
PVC, kova	4
PEL ja PEH	4
Lujitemuovi	4

¹⁾ Paremminkin sinkinkatoa kestävä laatu kuin Ms 158.

Taulukko 22. (jatk.)

Materiaali tai pintakäsittely	Taulukkoarvon peruste
<u>Puu:</u>	
Kyllästämätön puu	4
Painekyllästetty puu	4
<u>Kumit:</u>	
Luonnonkumi	4
Kloropreenikumi	4
Nitriilikumi	4
Hypalon-kumi	4
<u>Maalipinnoitteet; metallit:</u> ¹⁾	
Alkydihdistelmä A 70, PSK 1713	4,5
Alkydihdistelmä A 140, PSK 1714	4,5
Epoksimaali E 100, PSK 1716	4,5
Epoksimaali E 150, PSK 1717	4,5
Epoksimaali E 250, PSK 1718	3,4,5
Epoksimaali E 500, PSK 1719	3,4,5
Epoksipiki Ep 250, PSK 1712	3,4,5
Kloorikautsuyhdistelmä K 150, PSK 1721	4,5
Vinyyliyhdistelmä V 150, PSK 1722	4,5
Kuumasinkitys + E 250	3,4,5
Kuumasinkitys + Ep 250	3,4,5
Sinkkisilikaattiyhdistelmä SS 60, PSK 1723	4,5
<u>Maalipinnoitteet; betoni</u>	
Epoksimaali E 250, PSK 1718	4,5
Epoksipiki Ep 250, PSK 1720	3,4,5
Epoksimaali E 500, PSK 1719	3,4,5
<u>Metalliset pinnoitteet:</u>	
Kuumasinkitys	3,4
Kovakromaus, 30 µm	3
Anodisoitu alumiini	3,4
<u>Muut:</u>	
Muovipinnoitettu ja sinkitty rakennuslevy, Kynar 50/50	3,4
Muovipinnoitettu ja sinkitty rakennuslevy, Organosol	3,4
PEL muoviputkella päällystetty kupariputki	3
Katodinen suojaus	esikokeet
Minerit-levy	3,4,5

1) Maalaukset suunniteltu Prosessiteollisuuden Standardisoimiskeskuksen (PSK) standardien PSK 1700 - 1723 mukaan.

4.2 Materiaalien ja pintakäsittelyjen käyttösuositukset

Edellisten kohtien perusteella on laadittu korroosionestotekniset suositukset eri materiaalien ja pintakäsittelyjen valinnoista tärkeimpiin käyttökohteisiin erityyppisissä puhdistamoissa. Nämä suositukset ovat liitteenä 11.

5. LOPPUPÄÄTELMÄ

Jätevedenpuhdistamojen rakentaminen vaatii yhteiskunnaltamme suuria investointeja; siksi niiden kuoletusajaksi lasketaan 20 - 30 v. Laitoksen kokonaiskustannukset riippuvat siten ratkaisevasti käyttökustannusten suuruudesta. Sangen merkittävän kustannuslisän aiheuttaa korroosio. Tehokkaan korroosioneston rakentaminen nostaa yleensä investointikustannuksia, mutta toisaalta korroosiovaurioiden väheneminen voi kompensoida rakennuskustannusten kasvun jo muutamassa vuodessa.

Korroosionestoratkaisut nojautuvat seuraaviin periaatteisiin:

1. Valitaan olosuhteisiin sopiva materiaali.
2. Suojataan materiaali pinnoittamalla se toisella materiaalilla.
3. Käsitellään syövyttävää ympäristöä niin, että sen syövyttävyys pienenee.
4. Valitaan korroosionestoteknisesti oikea rakenne.
5. Korroosion estäminen termodynaamisesti; katodinen tai anodinen suojaus.

Yhdistämällä nämä tavoitteet oikein päästään korroosionestossa optimiratkaisuun yksikön halutun kestojän ja hinnan suhteen.

Jätevedenpuhdistamo ei ole kovin syövyttävä korroosioympäristö, jos sitä verrataan esimerkiksi prosessiteollisuuden korroosio-olosuhteisiin. Korroosiota on siten suhteellisen helppo estää käyttämällä oikeita rakenne-, materiaali- ja pintakäsittelyratkaisuja.

Korroosionestossa tehtävät virheet aiheuttavat kuitenkin jatkuvasti tarpeettomia kunnossapitokustannuksia ja saattavat johtaa pahimmissa tapauksissa prosessin pysähtymiseen tai työsuojelun kannalta vaaratilanteisiin, kaasujen ja kemikaalivuotojen yhteydessä jopa hengenvaaraan.

Korroosionestossa tapahtuneet virheet ovat aiheuttaneet vuosittain monissa puhdistamoissa jopa kymmeniin tuhansiin markkoihin nousevat välittömät kustannukset puhumattakaan välillisistä, jotka saattavat

olla kertauokkaa suurempia. Välillisiä kustannuksia voivat olla muiden laitteiden vaurioituminen, prosessin seisokki, ympäristön likaantuminen ja työsuojelukustannukset. Näistä syistä pitäisi jätevedenpuhdistamon käyttövarmuuden olla samaa luokkaa kuin mitä prosessiteollisuudessa pidetään välttämättömänä.

Aina ei ole mahdollista rakentaa yksikköä korroosion kannalta parhaalla tavalla, sillä muut seikat kuten materiaalin mekaaninen sopimattomuus, konstruktiovaikeudet, liian kallis hinta, maalauksolosuhteiden sopimattomuus ym. rajoittavat tehokkaan korroosioneston toteuttamista.

Yleinen ja merkittävä virhe puhdistamon korroosionestossa on se, ettei teollisuusjätevesien vaikutusta ole aina otettu huomioon. Teollisuusjätevedet muuttavat yleensä jätevettä syövyttävämmäksi; lämpötila nousee, pH voi vaihdella suuresti, kloridi- ja ammoniakkipitoisuus sekä mätänemistilassa olevien rikkipitoisten jätteiden määrä kasvaa. Tilannetta pahentaa vielä se, etteivät teollisuusjätevedet useinkaan tule viemäriverkostoon tasaisesti, vaan niiden määrä ja laatu vaihtelevat. Äkilliset jäteveden laadun muutokset eivät kiihdytä korroosiota ainoastaan jätevedessä, vaan aiheuttavat myös prosessihäiriöitä, joiden seurauksena jätevedestä pääsee nousemaan puhdistamoilmaan syövyttäviä kaasuja. Tällaisia ovat esim. rikkivety, ammoniakki ja kloridisumu, jotka yhdessä suuren suhteellisen kosteuden kanssa tekevät puhdistamoilmasta materiaaleja nopeasti syövyttävän ja ihmiselle epäterveellisen työympäristön.

Tehoikkaimmin korroosio-olosuhteita voidaan helpottaa estämällä syövyttävien jätevesien pääsy viemäriverkkoon. Jos tämä ei ole mahdollista, pitäisi teollisuusjätevedet johtaa viemäriin neutra-loituina ja tasaisesti syötettynä.

Saostuskemikaalit aiheuttavat syöttökohdan läheisyydessä jätevettä suuremman korroosioriskin. Kaikki saostuskemikaalit eivät ole syövyttävyydeltään samanlaisia. Tätä ei kuitenkaan ole aina otettu huomioon puhdistamoja rakennettaessa. Esimerkiksi rinnakkais-

saostuslaitokset on rakennettu vain ferrosulfaatin lisäystä silmällä pitäen. Puhdistamossa saatetaan kuitenkin käyttää kloorattua ferrosulfaattia, joka on ferrosulfaattia huomattavasti syövyttävämpää.

Katettujen puhdistamojen ilmanvaihdon puutteet johtavat materiaalien ja pinnoitteiden korroosion kiihtymiseen. Tämä näkyy ensisijassa kylmäkatetuissa puhdistamoissa. Näiden ilmanvaihtona on yleisesti rakojen avulla tapahtuva luonnollinen ilmanvaihto, joka on riittämätön kaikkina vuodenaikoina. Tilannetta voidaan parantaa koneellisella ilmanvaihdolla ja tuloilman lämmityksellä.

Maalaus alkydimaaliyhdistelmillä ei anna riittävän hyvää korroosiosuojaa allastiloissa eikä ulkonakaan altaiden yläpuolella käytettynä, sillä alkydimaalit eivät kestä kostean rikkivedyn vaikutusta. Ongelmallisia ovat tehtaalla alkydimaaleilla maalatut laitteet. Niiden päälle ei voi maalata millään muulla maaliyhdistelmällä.

Kuparin ja kuparilejeerinkien käyttö allastiloissa pitäisi saada vähenemään, koska ne eivät siedä kosteaa rikkivetyä eivätkä ammoniakkia. Tämä ilmenee ennen kaikkea sähkölaitteissa, joiden kupariset osat, etenkin kontaktipinnat, hapettuvat katetuissa allastiloissa nopeasti häiriten prosessin ajoa. Myös messinkiventtiilien käytöstä ilmastusputkissa pitäisi luopua.

Betonissa olevien teräskiinnikkeiden syöpyminen on johtanut usein erittäin kalliisiin korjaustoimiin.

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. ASTM Standard G1-72.
2. Yläsaari, S., Korroosio jätevesitekniikassa, artikkeli VIII, INSKO 61-71, Helsinki 1971.
3. Booth, G.H., Elford, L., Wakerley, D.S., Corrosion of Mild Steel by Sulphate-Reducing Bacteria: An Alternative Mechanism, British Corrosion Journal 3 (1968):5.
4. Woods, G.A., Bacteria: Friends of Foes? Chemical Engineering 80 (1973):6.
5. Soikkeli, A., Poikkeavat jätevedet yleisessä viemärilaitoksessa, Suomen Kunnallislehti 13 (1975), s. 40.
6. Pietilä, H., Katsaus korroosioon vaikuttaviin tekijöihin jätevesitekniikassa, artikkeli VI, INSKO 89-76, Helsinki 1976.
7. Prosessiteollisuuden Standardisoimiskeskuksen standardit, PSK 1700 - 1723.
8. Riestever, H., Verbiutung von Schwitz Wasserbildung und Korrosion in Wasserwerken, Pumpstationen und Wasserkraftwerken, GWF-Wasser/Abwasser 117 (1976):6, s. 264.
9. Meites, L., Handbook of analytical Chemistry, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1963, 12-151, 13-292.
10. Culp, R., Culp, G., Advanced Wastewater Treatment, New York, Van Nostrand Reinhold Company 1971, s. 53.
11. Roininen, S., Kinnunen, J., Jätevedenpuhdistamojen allastilojen kattaminen, YVY-tutkimus 4, Helsinki 1975.

12. Sneck, T., Korroosio rakentamisessa, RIL 78, kirjapaino Jaarli, Hämeenlinna 1970.
13. Aschan, N., Betonin korroosio ja sen estäminen, VTT Betoniteknikan laboratorio, julkaisematon.
14. Lindroos, L., Muovit, artikkeli IX, INSKO 89-76, Helsinki 1976.
15. Pentinsaari, P., Kokemuksia vesihuoltolaitosten suoja-pinnoituksesta, artikkeli XI, INSKO 89-76, Helsinki 1976.
16. Pistor, A.F., Corrosion-Resistant Coatings for Wastewater Treatment Plants, Water and Wastes Engineering 6 (1969):5.
17. Kuumasinkitys korroosiosuojana, 2. painos, Pohjoismainen kuumasinkitysyhdistys, Helsinki 1973.

HAASTATELTAVAT PUHDISTAMOT

Biologis-kemialliset puhdistamot

Kemialliset puhdistamot

Kattamattomat tai pääasiassa kattamattomat puhdistamot:

Helsingin vesipiiri

Helsinki, Tali (koepuhdistamo)

Turun vesipiiri

Turun keskuspuhdistamo

Tampereen vesipiiri

Tampere, Rahola

Nokia, Kullaanvuori (koepuhdistamo)

Vaasan vesipiiri

Vaasan keskuspuhdistamo

Laihia

Kuopion vesipiiri

Kuopio, Lehtoniemi (koepuhdistamo)

Varkaus

Kotalahti

Kymen vesipiiri

Kouvola

Kyläkatetut puhdistamot

Helsingin vesipiiri

Tammisaari (koepuhdistamo)

Turun vesipiiri

Kiukainen

Tampereen vesipiiri

Honkajoki (koepuhdistamo)

Biologis-kemialliset puhdistamot

Kemialliset puhdistamot

Vaasan vesipiiri

Vaasa, Haapaniemi

Kokkolan vesipiiri

Kaustinen (koepuhdistamo)

Kannus

Toholampi

Oulun vesipiiri

Muhos

Kuusamo (koepuhdistamo)

Lapin vesipiiri

Rovaniemen mlk, Muurola

Mikkelin vesipiiri

Savonlinna

Lämpöeristetyt ja lämmitetyt puhdistamot:

Helsingin vesipiiri

Vihti (koepuhdistamo)

Porvoo

Tampereen vesipiiri

Vammala

Vaasan vesipiiri

Lapua (koepuhdistamo)

Vöyri

Mikkelin vesipiiri

Pieksämäki

Luolapuhdistamot:

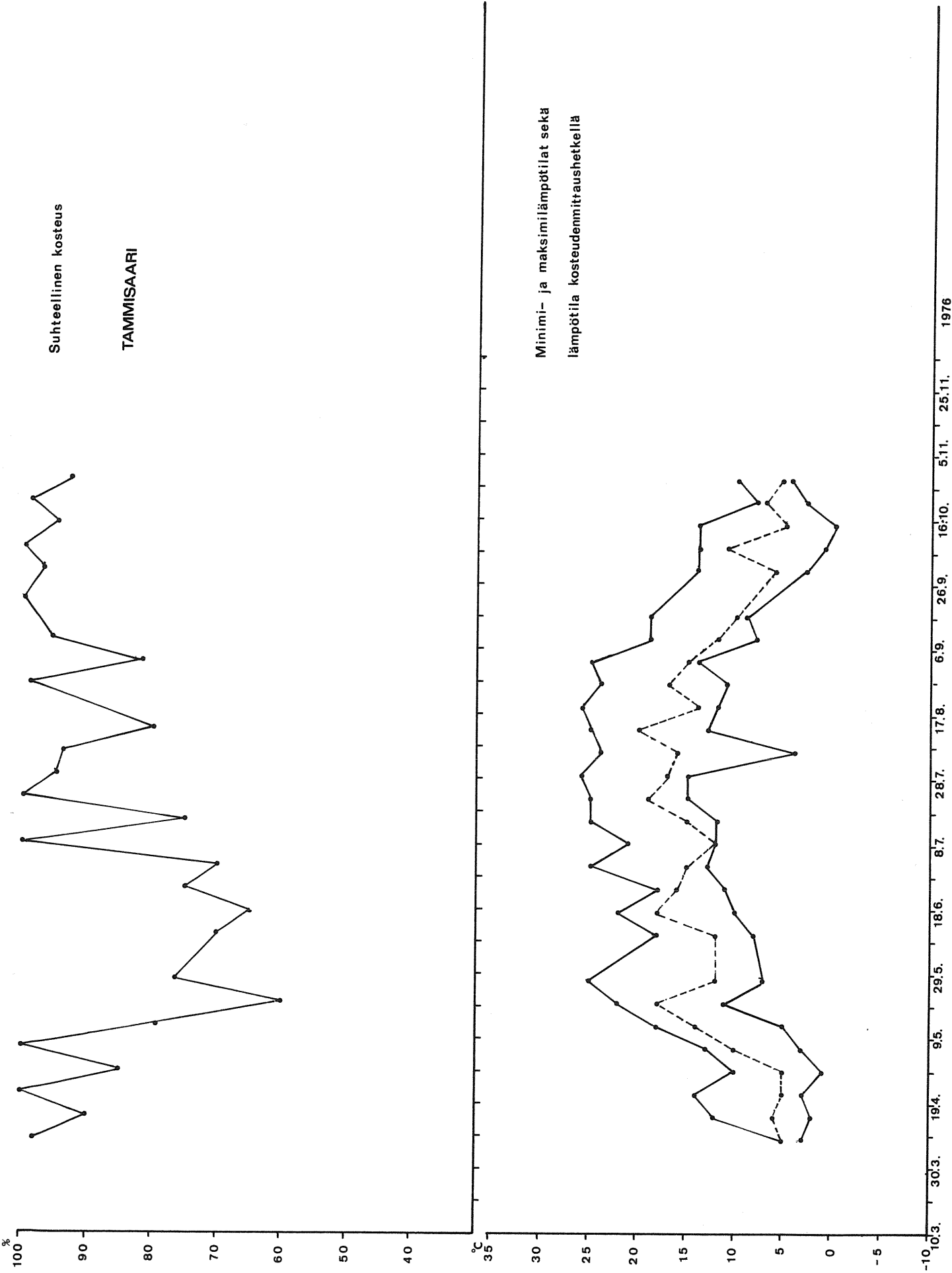
Helsingin vesipiiri

Lahti, Kariniemi

Nurmijärvi, Klaukkala (koepuhdistamo)

Turun vesipiiri

Raisio (koepuhdistamo)



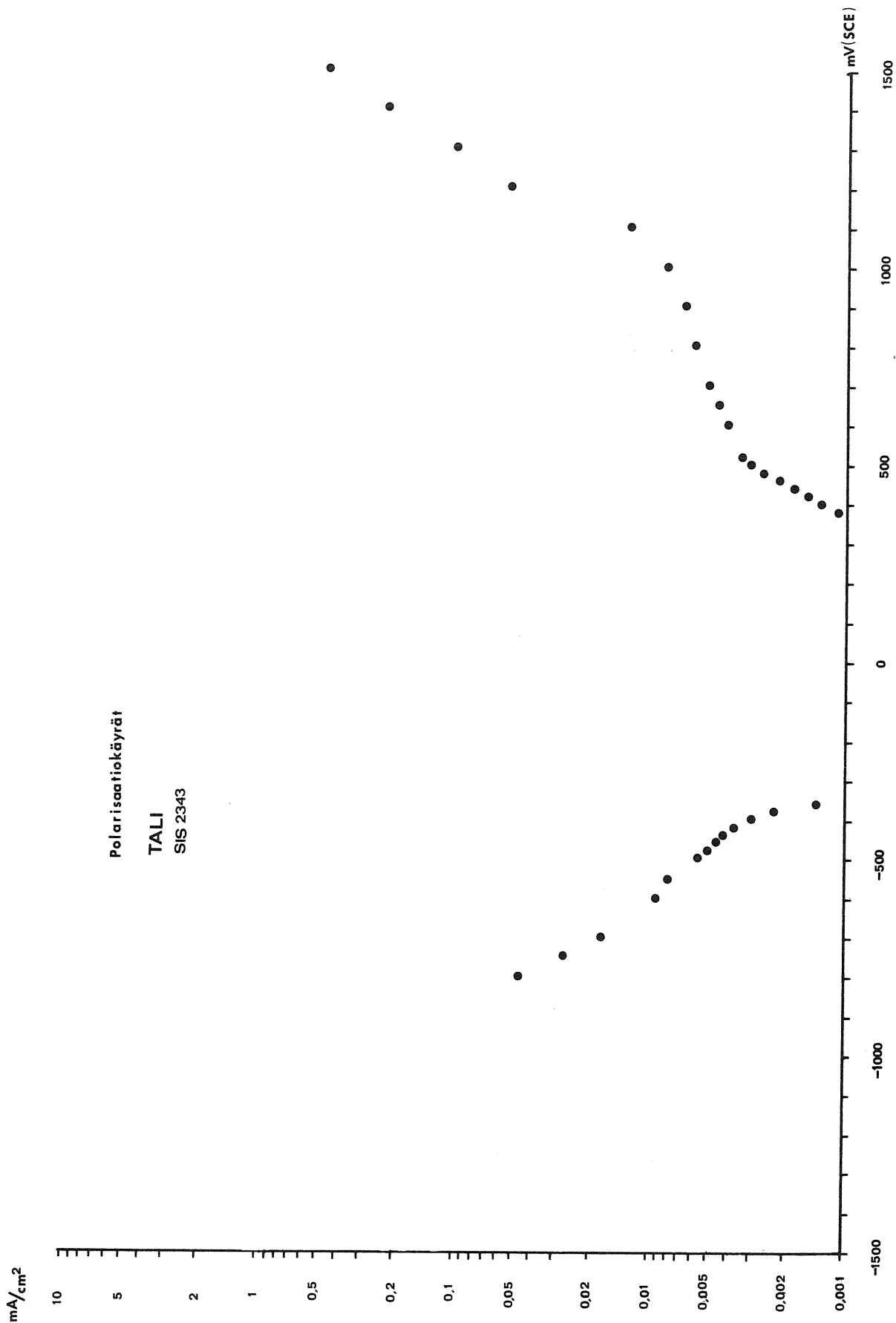
KOEPUHDISTAMOJEN JÄTEVEDEENANALYYSIT

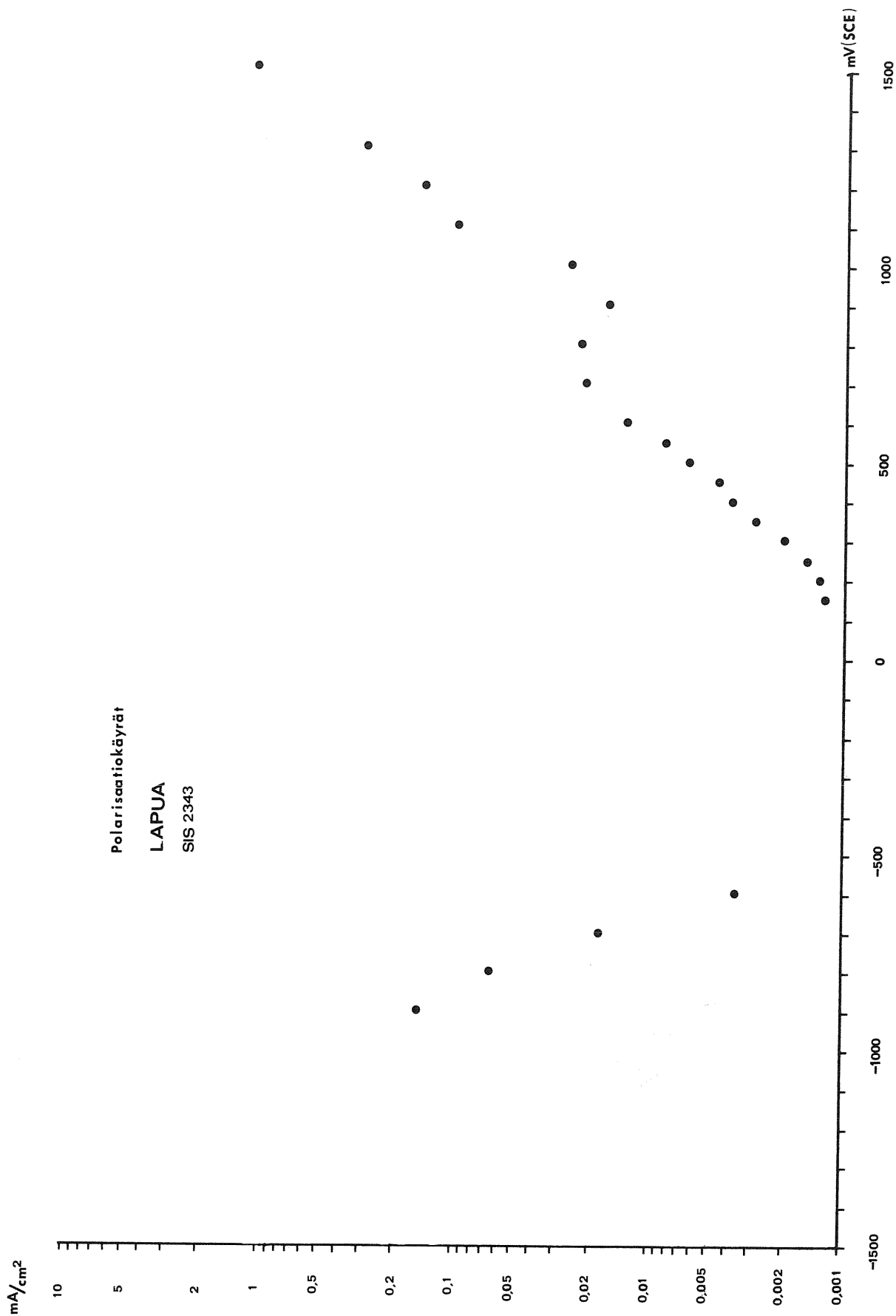
Puhdistamo	Lämpötila/°C kesä/talvi	pH	Ilmast.alt. happipit. ppm	Ammoni- akkipit. ppm	Kloridi- pit. 1) ppm	Kokonais- rikkipit. l)	Johtokyky mS/m	Saostus- kemikaali- lis.	Teoll. jäte- vesien osuus % AVL:stä
Helsinki, Tali	8-12/17-20	6,8-7,6	1-2	20-25	58	83	40-75		
Kuopio, Lehtoniemi	13-16/8-10	6,8-7,2	1-4	17-23	36	25	30-40	FeSO ₄ 100 g/m ³	pieni
Tammisaari									
Kaustinen	12-14/6-7	5,0-6,0*	0,5-1,5	15-20	39	32	85	FeSO ₄ 50 g/m ³	20
Honkajoki	13-15/12-13	6,8-7,9	7-8	10-25	30	55	50-250	FeSO ₄ 30-40 g/m ³	20
Kuusamo	10-12/5-7	7,1-7,4		10-15	53	53	40-50	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60g/m ³	5
Lapua	8-11/6,8	8,0-8,5	3-4		575*	48	450	FeSO ₄ 150 g/m ³	75
Vihti								FeSO ₄ 150 g/m ³	
Nurmi-järvi, Klaukkala	12-13/7-8	6,2-7,2	0,5-1,0	4-35*			55-65	FeSO ₄ 100 g/m ³	pieni
Lahti, Kariniemi		6,6			60	60	110		
Raisio	15-18/7-9	5,5-9,2**	0-7	8-25	840*	206*	45	FeSO ₄ 100 g/m ³	70
Nokia	15-18/12-14	7,8-8,5/2) 11,5-12,5*		15-35*	53	153*	130/365 ²⁾	Ca(OH) ₂ 500 g/m ³	20-30
Porvoo	13-14/6-8	6,5-7,5/2) 9-11*			355*	116*	10-140		

* syövyttävyyden normaalia suurempi

1) vain yksi analyysi

2) kemikaalien sekoituksen jälkeen





P A I N O H Ä V I Ö K O K E E T

Ilmastokokeet

Hiiliteräs Fe 37

Puhdistamo	Koepaikka	Koesarj. numero	Korroosion laatu	Korroosionop. µm/v	Taulukko- arvo	Analyyssirajat ylitt. komponentit
Kuopio	ulkona; ilmastusalt. yläp. 1 m	17	tasainen	8,99	1	
Tali	ulkona; ilmastusalt. yläp. 1,5 m	26	tasainen	40,0	2	
Kuusamo	kylmäkat.; selk.alt. yläp. 3 m	20	tasainen	9,80	1	
Kaustinen	kylmäkat.; ilm.alt. yläp. 3 - 4 m	21	tasainen	4,32	1	pH
Honkajoki	kylmäkat.; ilm.alt. yläp. 3 - 4 m	22	tasainen	43,8	2	
Tammisaari	kylmäkat.; ilm.alt. yläp. 3 - 4 m	23	tasainen	21,7	2	kloridi
Lapua	lämpöerist.; ilm.alt. yläp. 3 m	19	tasainen	74,7	3	kloridi
Klaukkala	luola; ilm.alt. yläp. 3 m	5	tasainen	6,45	1	ammoniakki
Lahti	luola; ilm.alt. yläp. 5 - 6 m	40	tasainen	15,7	2	
Raisio	luola; esi-ilm.alt. yläp. 2 m	39	tasainen	47,1	2	kloridi, kok.rikki, ph
Vihti	lämpöerist.; ilm.alt. yläp. 3 m	32	tasainen	8,15	1	
Porvoo	lämpöerist.; selk.alt.yläp. 3-4 m	31	tasainen	21,8	2	kloridi, kok.rikki, pH

P A I N O H Ä V I Ö K O K E E T

Ilmastusallas

Hiiliteräs Fe 37

Puhdistamo	Koepaikka	Koesarj. numero	Korroosion laatu	Korroosionop. µm/v	Taulukko- arvo	Analyyssirajat ylitt. komponentit
Kuopio	lähellä jäteveden syöttöä	6	pieniä kuoppia	196	3	
Tali	ilmastusalt. keskivaiheella	16	tasainen	137	3	
Kuusamo	keskellä allasta	9	pieniä kuoppia	94,8	3	
Kaustinen	keskellä allasta	10	tasainen	33,4	2	pH
Honkajoki	lähellä jäteveden syöttöä	13	kulunut	122	3	
Tammisaari	lähellä jäteveden syöttöä	12	tasainen	19,3	2	kloridi
Lapua	ilmastusputken yläpuolella	11	tasainen	110	3	kloridi
Klaukkala	ilmastusputken yläpuolella	4	tasainen	55,7	3	ammoniakki
Lahti	ilmastusputken yläpuolella	35				
Raisio	esi-ilmastusaltaan lopussa	34	suht. tasainen	301	3	kloridi, kok.rikki,
						pH
Vihti	ilmastusputken yläpuolella	29	kuoppia	31,1	3	

Selkeytysallas

Hiiliteräs Fe 37

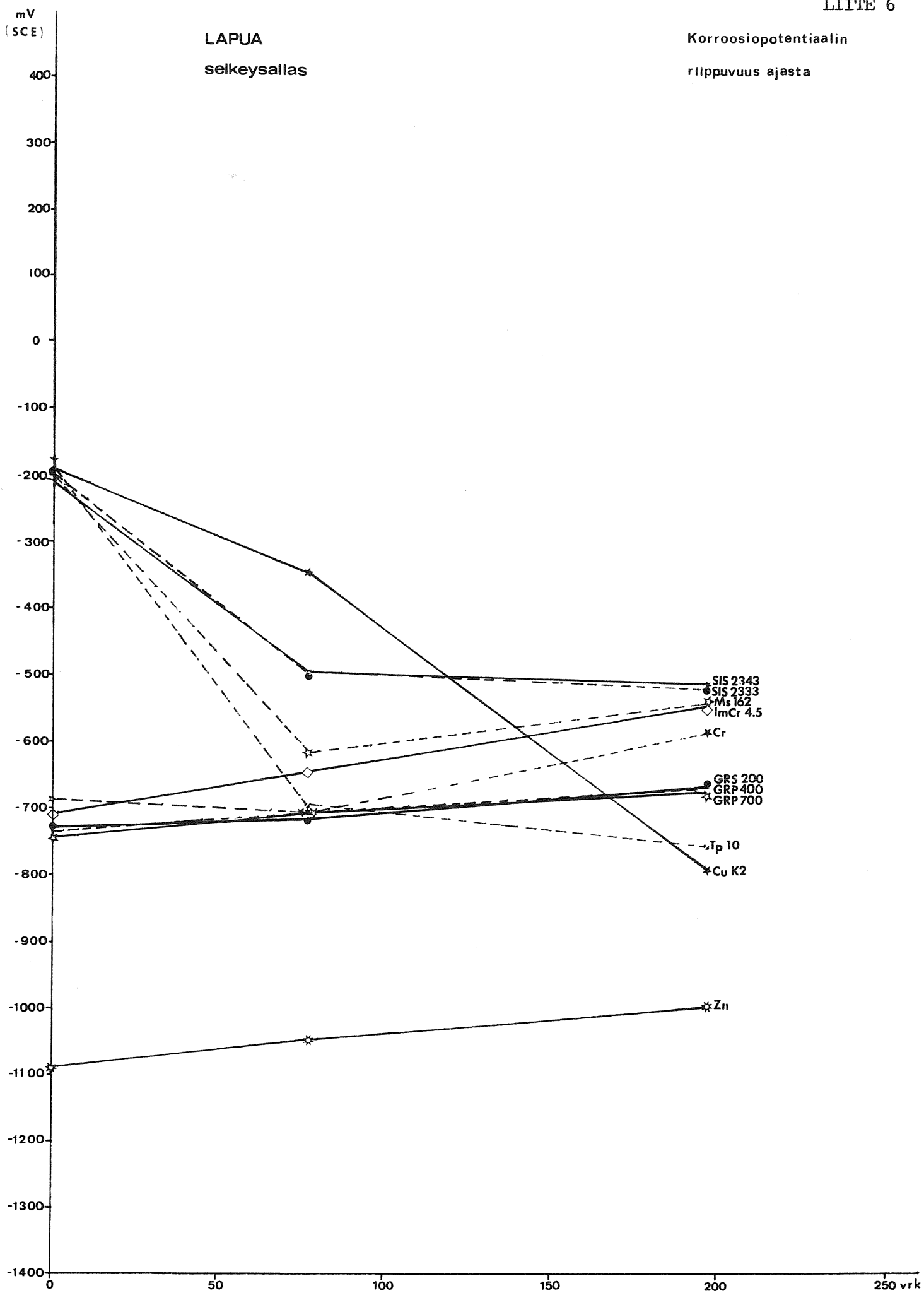
Puhdistamo	Koepaikka	Koesarj. numero	Korroosion laatu	Korroosionop. $\mu\text{m}/\text{v}$	Taulukko- arvo	Analyysirajat ylitt. komponentit
Kuopio	altaan keskivaiheella	15	laikukas	72,8	3	
Tali	altaan keskellä	24	tasainen	ei mitattu		
Tali	selkeytysaltaan pohjassa, 12 m	42	tasainen	92,8	3	
Kuusamo	liikkuu sillan mukana	7	pieniä kuoppia	58,6	3	
Kaustinen	liikkuu sillan mukana	1	tasainen	40,9	2	pH
Lapua	liikkuu sillan mukana	8	tasainen	36,8	2	kloridi
Klaukkala	selkeytysaltaan lopussa	2	pieniä kuoppia	46,8	3	ammoniakki
Lahti	selkeytysaltaan lopussa	36				
Raisio	selkeytysaltaan lopussa	33	tasainen	179	3	kloridi, kok.rikki, pH

P A I N O H Ä V I Ö K O K E E T

Kemiallinen puhdistus

Hiiliteräs Fe 37

Puhdistamo	Koepaikka	Koesarj. numero	Korroosion laatu	Korroosionop. µm/v	Taulukko- arvo	Analyyssirajat ylitt. komponentit
Honkajoki	Al-flokkausaltaassa	14	laikukas	137	3	
Vihti	Al-flokkausaltaassa	27	laikukas	84,6	3	
Porvoo	liikkuu sillan mukana selk.alt.	30	laikukas	30,0	2	kloridi, kok.rilkki
Nokia	kemikaalien sekoitusaltaassa	37	kuoppakorroosio	55,8	3	kok.rilkki, ammo- niakki
Nokia	kiertää sillan mukana selk.alt.	38	laikukas	18,8	2	kok.rilkki, ammo- niakki



Metallien syöpymisriski, kun ne ovat toisiinsa liitettyinä jätevedessä.

		Pieni pinta-ala																			
		Fe 37 ¹⁾	GRS 200 ¹⁾	GRP 400 ¹⁾	GRP 700 ¹⁾	Imacro Cr 4.5	SIS 2333	SIS 2343	SIS 2353	Kupari K2	Ms 158	Ms 162	Tp 10	Pm 102	Al 99	AlMg 2.5	AlSi 12	Kuumasinkitys	Kovakromaus	Anodis. Al	
Suuri pinta-ala	Fe 37 ²⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	GRS 200 ²⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	GRP 400 ²⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	GRP 700 ²⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	Imacro Cr4.5	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0
	SIS 2333	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	SIS 2343	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	SIS 2353	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Kupari K2	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0
	Ms 158	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0
	Ms 162	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0
	Tp 10	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0
	Pm 102	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0
	Al 99	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	AlMg 2.5	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	AlSi 12	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Kuumasinkitys	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	
Kovakromaus	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	
Anodis. Al	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	

1) Perusmetalli maalattuna

2) Perusmetalli paljaana

Taulukon lukuohje: 0 ei syöpymisriskiä

3 pinta-alaltaan pienempi syöpyy

	alkydimaalit	epoksieste- rimaalit	fenoli- maalit	epoksi- maalit	bitumi	epoksipiki- maalit	kloorikaut- sumaalit	vinyyli- maalit
Sään kestävyys	eritt. hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä
Kiillon ja värin kestävyys	eritt. hyvä	heikko	heikko	heikko	heikko	heikko	eritt. hyvä	eritt. hyvä
Hapon kestävyys	heikko	melko hyvä →heikko	melko hyvä →hyvä	hyvä→eritt. hyvä	melko hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
Rikkivedyn kestävyys	heikko	melko hyvä →heikko	hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä	erinomainen	eritt. hyvä	erinomainen
Alkaliin kestävyys	eritt. heikko	eritt. heikko	heikko	eritt. hyvä	hyvä	erinomainen	eritt. hyvä	eritt. hyvä
Bakteerien kestävyys	heikko	melko hyvä	hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä	eritt. hyvä
Alifaattisten liuot- tien kestävyys	melko hyvä	melko hyvä	hyvä	erinomainen	melko hyvä	hyvä	melko hyvä	eritt. hyvä
Aromaattisten liuot- tien kestävyys	eritt. heikko	eritt. heikko	melko hyvä	hyvä	eritt. heikko	heikko	eritt. heikko	heikko
Orgaanisten rasvojen, voiteluaineiden ja puh- distusaineiden kestä- vyys	melko hyvä	melko hyvä	melko hyvä →hyvä	hyvä	eritt. heikko	hyvä	eritt. heikko	hyvä
Kostean ilman kestä- vyys	eritt. heikko	melko hyvä	hyvä	erinomainen	erinomainen	erinomainen	erinomainen	erinomainen
Upotus kestävyys	eritt. heikko	eritt. heikko	hyvä	hyvä	erinomainen	erinomainen	erinomainen	erinomainen
Korjausmaalausten helpous	hyvä	hyvä	heikko	eritt. heikko	eritt. heikko		erinomainen	erinomainen
Maalikerroksen pak- suusvaatimus	75-100 µm	75-100 µm	75-100 µm	150-500 µm	100-500 µm	400 µm	125-250 µm	125-250 µm

Taulukko A. Eri materiaalien korroosioarvot mekaanisessa, biologisessa ja biologis-kemiallisessa puhdistamossa sekä kalkkisaostukseen perustuvan puhdistamon biologisessa osassa (käyttöohje kohdassa 4).

Käyttökohde	Metallit										Puu	Muovit	Kumit	Metallien maalipinnoitteet										Betonin maalaus	Metalliset pinnoitteet		Muut																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	Metallit													Metallien maalipinnoitteet											Metalliset pinnoitteet																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Käyttökohde	Hillitтеріäs Re 37	Valvuraurta GRS 200	Valvuraurta GRS 400	Valvuraurta GRS 700	Inacro Cr 4,5	Ruost.теріäs SIS 2333	Ruost.теріäs SIS 2343	Ruost.теріäs SIS 2353	Kupari 4,5	Messinki Ms 158	Messinki Ms 162	Tinapronssi Tp 10	Punaretaalii Pm 102	Alumiini Al 99	Al-seos AlMg 2,5	Al-Seos AISI 12	Betoni K-300	Kyllästämätön puu	Painekyllästetty puu	PVC, pehmeä	PVC, kova	Polyeteeni ID ja HD	Luonnonkumi	Kloropreenikumi	Nitrilikumi	Hypalon	Alkydi A 70	Alkydi A 140	Epoksi E 100	Epoksi E 150	Epoksi E 250	Epoksi E 250	Epoksi E 250	Epoksi E 250	Liiootteeton epoksi E500	Kuunasiinkitys	Kovaktromaus 30 µm	Anodisoitu alumiini	Muoviilm.sinkitys rak.levy kyna 50/50	Muoviilm.sinkitys rak.levy Organosol	Muoviilm. Cu-putki	Flinkoplast	Mineit-Levy	Katodinen suojaus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	1 ¹ 2 ¹ 2 ¹ 2 ¹	0 ¹ 0 ¹ 0 ¹ 0 ¹	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0

¹Ei suositella käytettäväksi ilman pinnoitteita.

²Saattaa haurastua.

³pH <4.

⁴pH >10.

⁵Jos hiekanerotus puuttuu, lisää taulukon arvoon 1.

⁶Vaakasuurille pinnoille lisätään taulukon arvoon 1.

⁷Kloorauksen jälkeen taulukon arvo on 2.

⁸Avoimissa ja roiskevesisuojuatuissa sähkölait-

teissa lisätään taulukon arvoa 1:llä.

⁹Otetaan huomioon vain silloin kun pH <8,5.

Taulukko B. Eri materiaalien korroosioarvot kalkkisaostukseen perustuvan puhdistamon kemiallisessa osassa (käyttöohje kohdassa 4).

Käyttökohde	Metallit				Puu	Muovit	Kumit	Metallien maalipinnoitteet				Betonin maalaus	Metalliset pinnoitteet	Muut								
	Metallit																					
Käyttökohde	1. Ilmastorasitus	Ilmastorasitus taulukon I mukaan																				
	2. Upotus- ja roiske-vesirasitus																					
	2.1. Pumppaamo ¹	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	0				
	2.2. Esikäsitteily ¹	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	0			
	2.3. Kemikaalien sek.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0	1	0		
	2.4. Flokkaus (kalkki)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0	1	0		
	2.5. Selkeytys (kalkki)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0	1	0		
	2.6. Klooraus ²	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	1	0		
	2.7. Kemik. säiliöt sekä sekoitus- ja syöttöl.																					
	2.7.1 Kalkki	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	0	3	
	2.7.2 Ferrosulfaatti	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	
	2.7.3 Kloorattu ferrosulf.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2.7.4 Ferrikloridi	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2.8. Muiden kemikaalien lisäksi valkutus korroosioon	Kohdissa 2.3. - 2.6. korroosioriski lisäänty seuraavasti:																				
	2.8.1 +ferrosulfaatti	+1	+1	+1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	2.8.2 Kloorattu +ferrosulf.	+1	+1	+1	+1	+2	+3	+3	+2	+1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+1	+1	+1	+3	+1	+0
	2.8.3 +ferrikloridi	+1	+1	+1	+1	+2	+3	+3	+1	+0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0	+1	+0
	2.9. Poikkeavat jätevedet																					
	2.9.1 Lämpötila >25 °C	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0
	2.9.2 Kloridipit. >200 ppm	+1	+1	+1	+2	+1	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+3	+1	+0
	2.9.3 Ammoniakkipit.>30ppm	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+1	+0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0	+0	+1	+0

1 poikkeavat jätevedet pumpaamoilla ja esikäsittelyssä taulukon 7 mukaan.

²Myös ferrosulfaatin klooraus.

³Kloorauksen jälkeen taulukon arvo on 1. Putkessa saattaa esiintyä kalkkisaostumaa.

Ilmastorasitus

Käyttökohde	Ulkona		Kuiva allastila, suht.kost. < 70%		Kosteaa allastila, suht.kost. > 70%		Huomautukset
	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	
Maalattavat metallipinnat	kaikki metallit	maalaus E250, Ep250, V150, K150	kaikki metallit	maalaus E150, V150, K150	kaikki metallit	maalaus E250, Ep250, V150, K150	
	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys + E250, Ep250	
	alumiini	anodisointi	alumiini	anodisointi	alumiini	anodisointi	
Metalliosat, joita ei pinnoiteta	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	Hitsattavissa rakenteissa mieluummin SIS 2352.
	alumiini	ei	alumiini	ei	SIS 2343	ei	Jos kloridipit. >200 ppm, ei kosteassa allastilassa ole suotavaa SIS 2333:n eikä alumiinin käyttöä. Jos pH >9 ei alumiinin käyttö ole suotavaa.
Muoviosat	PEL, PEH PVC, pehmeä polypropeeni lujitemuovi	ei ei ei ei ei	PEL, PEH PVC, pehmeä PVC, kova polypropeeni lujitemuovi	ei ei ei ei ei	PEL, PEH PVC, pehmeä PVC, kova polypropeeni lujitemuovi	ei ei ei ei ei	Kovaa PVC:ta ei suositella käytettäväksi ulkona, koska se on haurasta pakkasella. Pehmeä PVC voi haurastua rikkivedyn vaikutuksesta siksi sitä ei suos. kun kok.S >100 ppm.

LIITE 11 b Suositukset materiaalien ja pintakäsittelyjen valinnasta jätevedenpuhdistamoon.

Ilmastorasitus

Käyttökohde	Ulkona		Kuiva allastila,suht.kost. < 70%		Kostea allastila,suht.kost.>70%		Huomautukset
	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	
Kantavat rakenteet, seinä- ja kattorakenteet	painekyllästetty puu	ei välttämätön	painekyllästetty liima-puu	1 - 2 kert.lakkaus	painekyllästetty liima-puu	2 - 3 kert.lakkaus	Lakkaukset suola-kyllästetylle puulle. Tehdaslakkauksen lisäksi.
	mineriitti-levy	ei välttämätön	painekyllästetty puu	ei välttämätön	painekyllästetty puu	ei välttämätön	
	betoni	ei välttämätön	betoni	ei välttämätön	betoni	ei välttämätön, maalaus E250, jos kok.S >100 ppm	
			betoni	ei välttämätön maalaus E250	betoni	maalaus E250	
Lattiarakenteet							
Naulaukset	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	
Pulttauksset	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	SIS 2333		
					SIS 2343		Jos kloridipit. > 200 ppm
Hoitotasot ja sillat	teräs	maalaus E250, V150, K150	teräs	maalaus E150, V150, K150	teräs	maalaus E250, V150, K150	
-ritilät	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys + maalaus E250, V150, K150	
	alumiini	ei	alumiini	ei			

LIITE 11 c Suositukset materiaalien ja pintakäsittelyjen valinnasta jätevedenpuhdistamoon.

Ilmastorasitus

Käyttökohde	Ulkona		Kuiva allastila, suht.kost. < 70%		Kostea allastila, suht.kost. > 70%		Huomautukset
	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	
-kaiheet	alumiini	anodisointi	alumiini	anodisointi	alumiini	anodisointi	Jos kloridipit. > 200 ppm, kaideprofiili voi syöpyä sisältä
	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys + maalaus E250, Ep250	
Ilmanvaihtokanavat	alumiini	ei välttämätön	alumiini	ei	alumiini	maalaus E250, Ep250	Maalaus suorite- taan, jos kondens- sia saattaa muo- dostua
	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	
					SIS 2343	ei	Jos kloridipit. > 200 ppm.
Ilmastusputket	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	Hitsattavissa ra- kenteissa mieluum- min SIS 2352
					SIS 2343	ei	Jos kloridipit. > 200 ppm.
	PEH	ei	PEH	ei	PEH	ei	Voidaan käyttää melun vaimentami- seksi myös teräs- putkiston osana.

LIITE 11 d Suositukset materiaalien ja pintakäsittelyjen valinnasta jätevedenpuhdistamoon.

Ilmastorasitus

Käyttökohde	Ulkona		Kuiva allastila, suht.kost.< 70%		Kostea allastila, suht.kost.>70%		Huomautukset
	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	
	teräs	maalaus E250, Ep250	teräs	maalaus E250, Ep250	teräs	maalaus E250, Ep250	Ei suositella hienoilmaakupli-tukselle.
Sähkölaitteiden kotelointi ja kaapelien suojausputket	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys	teräs	kuumasinkitys + maalaus E250, Ep250, V150, K150	Kotelointiluokka vähint. IP 34. Jos kok.S >100 ppm vähintään IP 67.
		maalaus E150, V150, K150		maalaus E150, V150, K150			
	alumiini	ei välttämätön	alumiini	ei välttämätön	alumiini	maalaus E250, Ep250, V150, K150	
		anodisointi		anodisointi		anodisointi	
	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	
					SIS 2343	ei	Jos kloridipit.>200 ppm.
	akryylimuovi	ei	akryylimuovi	ei	akryylimuovi	ei	

LIITE 11 e Suositukset materiaalien ja pintakäsittelyjen valinnasta jätevedenpuhdistamoon.

Upotus- ja roiskevesirasitus

Käyttökohde	Taulukon I puhdistamotyypit		Taulukon II puhdistamotyypit		Huomautukset
	Materiaali	Pintakäsittely	Materiaali	Pintakäsittely	
Altaat Kourut Putket	betoni	ei välttämätön	betoni	ei välttämätön	Mikäli pH < 5,5 pinnoitus välttämätön. Kemiallisissa puhdistamoissa maalauksen kestävyys heikompi korkean pH:n vuoksi. Bitumointi ei siedä rasvahappoja.
		maalaus E250, Ep250, E500		maalaus E250, Ep250, E500	
		bitumointi		bitumointi	
Altaat Koneistot Putkistot	teräs	maalaus E250, Ep250, E500	teräs	maalaus E250, Ep250, E500	Mikäli kuuluu aggressiivisiin jätevesiin, käytetään maalausta E500. Kemiallisissa puhdistamossa maalauksen kestävyys heikompi korkean pH:n vuoksi.
Koneistot Putkistot Venttiilit	valurauta	maalaus E250, Ep250, E500	valurauta	maalaus E250, Ep250, E500	sama kuin yllä.
Koneistot Putkistot (ei maahan upotettavat) Kourut Sulku- ja ohjausluukut	SIS 2333	ei	SIS 2333	ei	Hitsattavissa rakenteissa käytetään SIS 2352. Jos kloridipit. > 200 ppm, käytetään SIS 2343 tai SIS 2353.
Putkistot Kourut	PEH	ei	PEH	ei	

YVY-julkaisusarja

1. Vesihuollon taloudellisuus
2. Vedenkulutuksen vaihtelut
3. Vesijohtoverkon toiminnan luotettavuus
4. Jätevedenpuhdistamojen allastilojen kattaminen
5. Ammoniakin poisto pohjavedestä
6. Teurastamojen ja lihanjalostuslaitosten jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
7. Maidonjalostusteollisuuden jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
8. Vesi- ja jätehuollon laitteiden julkinen testaus
9. Jätehuollon esimerkkisuunnitelman laatiminen keskisuurille kunnille
10. Yhdyskuntien jätehuollon nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät
11. Menetelmä taajamien vesihuollon toteuttamisasteen ja kehityksen arvioimiseksi
12. Kaatopaikat 1974
13. Viemärlaitoksen systeemianalyysi
14. Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus
15. Jäteveden puhdistamojen hydraulikan ja dynamiikan tutkiminen merkkilainetekniikalla
16. Vedenjakelujärjestelmän toiminnallinen suunnittelu
17. Vedenjakelujärjestelmän simulointimalii
18. Bandsedimentator
19. Sekaviemärintiverkoston tehonlisäys ja simulointimalii suunnittelumenetelmänä
20. Haja-asutuksen viemärinti ja jätehuolto
21. Jätevesilietteen hyödyntämisen perusteet
22. Patogeenisten mikro-organismien määrittäminen kalkkilietteestä
23. Kaatopaikan valinta ja kunnossapito
24. Maaseutuyhdyskunnan jätehuolto
25. Viemäriverkoston suunnittelumalli
 - A — Yleisosa
 - B — Käyttäjän ohjekirja
 - C — Mallin testaus
 - D — Ohjelman listaus
26. Juomaveden haju- ja makuhäiriöt ja niiden torjunta
27. Erillisiemärintiverkon runkoviemärien tehonlisäys ja simulointimalii suunnittelumenetelmänä
28. Jäte- ja jäähdytysvesien leviämistä kuvaavien matemaattisten mallien käyttökelpoisuuden arviointi
29. Talousveden käyttötarve ja -tottumukset
30. Yhdyskuntajätteen lajittelu
31. Viemärien vuotokohdat ja niiden merkitys vuodon määrään
32. Korroosionesto jätevedenpuhdistamoissa

ISBN 951-9250-83-2
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY 4986
Helsinki 1977